



HAL
open science

Approche expérimentale de l'art rupestre mésolithique des chaos gréseux du Bassin parisien : analyse du matériau gravé, techniques de gravure et engagement humain dans une pratique symbolique des derniers chasseurs

Alexandre Cantin

► **To cite this version:**

Alexandre Cantin. Approche expérimentale de l'art rupestre mésolithique des chaos gréseux du Bassin parisien : analyse du matériau gravé, techniques de gravure et engagement humain dans une pratique symbolique des derniers chasseurs. Art et histoire de l'art. 2019. dumas-03577363

HAL Id: dumas-03577363

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03577363>

Submitted on 16 Feb 2022

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.

***Approche expérimentale de l'art rupestre mésolithique
des chaos gréseux du Bassin parisien :
analyse du matériau gravé, techniques de
gravure et engagement humain dans
une pratique symbolique des
derniers chasseurs***

Volume 1 : texte



UNIVERSITÉ PARIS 1

PANTHÉON SORBONNE

Alexandre CANTIN

Directeur : Boris VALENTIN

Tuteur : Médard THIRY

*Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne
UFR 03 Archéologie et Histoire de l'art*

MÉMOIRE DE MASTER 2
« Archéologie de la Préhistoire et de la Protohistoire »

**Approche expérimentale de l'art rupestre mésolithique
des chaos gréseux du Bassin parisien : analyse du matériau
gravé, techniques de gravure et engagement humain dans une
pratique symbolique des derniers chasseurs**

Volume 1 : texte

Par Alexandre Cantin

*Sous la direction de Boris Valentin
et le tutorat de Médard Thiry*

2019

Remerciements

Énoncer que toute recherche scientifique repose d'abord sur un socle collectif sans lequel rien ne pourrait se construire est pour nous une évidence. Le nôtre est en grès, composé d'une centaine de grains de quartz soudés entre eux desquels ce travail puise sa force. Car la nature poreuse de cette roche, essentielle à la vie, agit comme une interface nourricière où circulent les nutriments indispensables à la croissance. Nous tenons donc à remercier chaleureusement toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont assuré l'éclosion de ce projet. Tous les noms sont mémorisés et seront cités dans les travaux à venir, en attendant, voici quelques mots pour ceux constamment présents à l'esprit :

A Boris Valentin tout d'abord, du fond du cœur merci pour ce sujet passionnant arrivé au bon moment de mon parcours étudiant. Merci pour sa direction sans failles durant l'intégralité de sa réalisation.

A Médard Thiry, géologue et baroudeur intemporel sans qui nos expérimentations n'auraient ni support théorique, ni supports physiques : autant de merci que de grains de quartz dans les lignes courbes de La Ségognole 3.

A Colas Guéret, un grand merci pour les nombreux conseils avisés, nos échanges passionnants et cette formation cruciale sur le façonnage des gravoirs. Merci aussi pour nos collaborations sur les traces d'usures expérimentales et archéologiques. Gageons que les prochaines seront encore plus fructueuses.

A Stéphanie Touron et Millena Frouin, pour votre participation active et toujours enthousiaste à cette recherche. La bonne humeur de nos sorties en carrière a façonné la colonne vertébrale de notre méthodologie, rien que ça...

Merci à tous les acteurs du programme collectif de recherches ARBap (Art Rupestre préhistorique des chaos gréseux du Bassin parisien), creuset de nombreux développements et bouillonnements fertiles. Nous pensons spécialement à Eric Robert, Emilie Lesvignes, Fantine Bellanger, Lydia Zotkina, Patrick Dubreucq et Isabelle de Miranda.

Enfin, merci au GERSAR (Groupe d'Etude, de Recherche et de Sauvegarde de l'Art Rupestre) qui met le pied à l'étrier à tant d'amateurs passionnés. Votre savoir encyclopédique qui se renouvelle constamment continuera d'inonder la recherche pour de longues années. Merci à Alain Bénard, Laurent Valois et Michel Rey qui participent activement à la formation de la nouvelle génération par le partage de leurs connaissances.

Sommaire

page

Introduction	1
Partie 1 - Sur le sentier de la pratique : présentation des données géologiques et archéologiques préliminaires à l'expérience de gravure	3
<u>I - Une matière : le grès et son cortex friable</u>	4
A) <i>Cortex friable, grès dur et quartzite : éléments de définition</i>	4
B) <i>Description des supports gréseux expérimentaux</i>	6
1 - Les blocs des projets expérimentaux n°1&2.....	8
2 - Les géodes du projet expérimental n°4.....	10
<u>II - Des outils reproduits d'après les industries lithiques de la seconde moitié du Boréal</u>	14
A) <i>Corpus de gravoirs archéologiques</i>	14
B) <i>Corpus de gravoirs expérimentaux</i>	15
<u>III - Des gestes : entre rainurage et raclage</u>	16
Partie 2 - Les outils méthodologiques d'une recherche exploratoire	18
<u>I - Organisation de la démarche expérimentale</u>	19
A) <i>Quatre projets expérimentaux</i>	19
1 - Autour du sillon rectiligne : technique, morphologies et durées de réalisation de l'unité de gravure élémentaire de l'art rupestre de Fontainebleau.....	19
2 - Définition de la faisabilité des tracés courbes avec des gravoirs lithiques.....	22
3 - Durées de réalisation de « motifs jalons ».....	22
4 - Graver des cortex friables de blocs et de géodes : quelles différences ?.....	23
B) <i>ARBap_experimentation_database : une base de données relationnelle comme outil d'enregistrement et d'analyse des expériences</i>	24
C) <i>La prise des mesures expérimentales</i>	25
<u>II - Caractériser la gravabilité du grès</u>	25
A) <i>Mesurer la dureté surfacique du grès en impactant sa surface</i>	26
B) <i>Cinq classes de gravabilités caractérisées par dureté au choc</i>	27
1 - Mesures sur les blocs expérimentaux.....	27
2 - Vers la quantification de la gravabilité du grès.....	28

Partie 3 - Résultats et enseignements expérimentaux	29
<u>I - Ressentir le grès de la Préhistoire à nos jours : exploration des cortex friables par rainurage</u>	30
A) <i>Propriétés des cortex friables</i>	30
1- Cortex friable et grès dur : un gradient de dureté vertical.....	30
1.1 <i>Une rupture nette avec le grès dur sous-jacent</i>	30
1.2 <i>Une friabilité graduelle au sein des cortex friables</i>	31
2 – L'épaisseur des cortex friables : une importante variabilité horizontale.....	34
2.1 <i>Variabilité entre cortex friables</i>	34
2.2 <i>Variabilité au sein de chaque cortex friable</i>	35
a. <i>Macrotopographie de l'interface du grès dur révélée par rainurage</i>	35
b. <i>Microtopographie de l'interface du grès dur révélée par observation</i> ...	37
c. <i>Implications géologiques et archéologiques</i>	38
3 – Plus c'est épais, plus c'est friable : vers une définition de la gravabilité du grès	39
3.1 <i>Une corrélation épaisseur/dureté des cortex friables</i>	39
3.2 <i>Nouvelle modélisation géologique des cortex friables</i>	41
3.3 <i>Définir la gravabilité du grès</i>	42
B) <i>Savoir quand arrêter sa gravure : discussion autour des conditions de gravure communes à tous les graveurs sur grès</i>	42
1 – Cas majoritaire de l'atteinte du grès dur sur cortex friables infra-centimétriques..	42
2 – Sur la fiabilité d'une sensation empirique et structurante de gravure	45
3 - Toutes les gravures archéologiques sont-elles rainurées jusqu'au grès dur ?	46
3.1 <i>Cas minoritaire des cortex supra-centimétriques</i>	46
3.2 <i>Choix culturels particuliers</i>	47
<u>II - A propos de la rareté des tracés courbes : réelle contrainte de réalisation ou choix culturel ?</u>	48
A) <i>Des cas archéologiques avérés</i>	48
B) <i>Tests didactiques sur le grès</i>	50
<u>III - Durées de réalisation des unités élémentaires de l'art rupestre sud francilien : sillons et quadrillages</u> ..	51
A) <i>Le sillon rectiligne gravé à l'outil lithique</i>	51
1 - Influence de la gravabilité des cortex friables.....	51
1.1 <i>Apport du projet expérimental n°1 : modélisation sur cortex friables infra-centimétriques</i>	51
1.2 <i>Apport du projet expérimental n°4 : modélisation sur cortex friables supra-centimétriques</i>	54
2 – Influence de la longueur des sillons.....	56
3 - Vers un outil général d'estimation des durées de réalisation des sillons	59

B) Le quadrillage : un motif composé de sillons rectilignes.....	61
Conclusion	64
<i>1 - Graver des cortex friables de blocs et de géodes : finalement quelles différences ?.....</i>	65
<i>2 - Vers une palethnologie des pratiques rupestres des derniers chasseurs.....</i>	66
<i>3 - Perspectives pour la recherche expérimentale et nouvelle études.....</i>	67
Bibliographie	68

Introduction

La démarche expérimentale, encore peu courante dans le monde de l'art rupestre et pariétal, constitue une véritable voie de renouvellement des connaissances (Lorblanchet, 2010 ; Lorblanchet et al., 2018). Comme pour toutes les activités humaines ayant laissé des traces matérielles, la connaissance de leur dimension technique est une étape essentielle et primordiale à leur compréhension. Cela est d'autant plus vrai lorsque ces dernières revêtent un aspect symbolique non-négligeable. A ce titre, il est nécessaire que l'archéologie des techniques intègre pleinement le corpus des « manifestations artistiques » des sociétés anciennes à son champ d'étude, ensemble aujourd'hui souvent traité à part de ce qui est considéré comme la « sphère quotidienne » de ces mêmes communautés. Gageons que l'exploration expérimentale des arts rupestres et pariétaux pourrait avoir autant de portée et de poids que l'expérimentation en technologie lithique par exemple. En effet, plusieurs de ses sujets classiques (niveaux de savoir-faire/spécialisation, durée de réalisation, interprétation de stigmates techniques...), cruciaux pour le développement d'un discours palethnologique, sont tout à fait transposables au domaine « artistique » et gagneraient à être davantage explorés vis à vis des questionnements actuels (Fritz, 2000 ; Rivero, 2015 ; Guy, 2017).

C'est dans cette dynamique que nous espérons inscrire notre recherche. Prenant place dans le récent programme collectif de recherche « Art Rupestre préhistorique dans les chaos gréseux du Bassin Parisien » (ARBap) dirigé par Boris Valentin (Valentin dir, 2017), elle a pour but de développer une approche expérimentale des foisonnantes gravures sur grès surtout caractéristiques du sud de l'île de France (Bénard, 2014) et principalement rattachées à la seconde moitié du VIII^e millénaire (chronozone du Boréal) d'après les analyses récentes (Guéret et Bénard, 2017).

Jusqu'ici, l'expérimentation constituait un champ de recherche de l'art rupestre de Fontainebleau pratiquement vierge. En effet, seuls quelques tests de gravure sur grès parsèment de façon marginale la littérature. Nous en trouvons ainsi la trace dès la première publication scientifique sur le corpus rupestre sud francilien de G. Courty (1904 ; 233)¹ jusqu'à la thèse d'Alain Bénard (Bénard, 2014 ; 182-187)² sans qu'aucun ne s'intègre dans une étude pleinement expérimentale et méthodique. La dernière utilisation de l'expérimentation a été faite par Colas Guéret³ pour produire ponctuellement un petit référentiel expérimental de traces sur outils de gravure lithiques (Guéret et Bénard, op. cit.).

Nos propres problématiques expérimentales s'intègrent donc dans une démarche pionnière et exploratoire. Elles sont structurées selon trois axes de questionnement :

Le premier concerne l'aspect technique de la gravure sur grès, depuis l'efficacité des divers matériaux utilisés pour les outils jusqu'aux différents gestes de gravure employés, en passant par la gamme de motifs que ces derniers permettent de réaliser. L'étude de ces aspects est important car la recherche sur l'art rupestre de Fontainebleau présente depuis le début de son existence et selon les auteurs des présupposés sur ces questions qu'aucune vérification expérimentale n'est venue étayer. Or ces présupposés sont souvent utilisés dans des hypothèses chronologiques de première importance pour la datation des gravures : attribution d'une morphologie de sillon à un outil

1 « Ces grès [des éclats émoussés trouvés en fouilles] pouvant être encastrés en partie dans les rainures, variant en profondeur entre un et trois centimètres, m'indiquèrent clairement qu'ils représentaient l'outil ayant servi à les graver. J'en fis d'ailleurs expérimentalement la preuve avec succès ».

2 L'auteur a voulu vérifier l'efficacité de tessons retrouvés émoussés dans certaines cavités pour graver le grès ainsi que l'hypothèse fonctionnelle selon laquelle certaines petites plaquettes à sillon médian également trouvées en fouille auraient été utilisées en tant qu'abraseurs/polissoirs de hampes en bois.

3 Chercheur mésolithicien au CNRS (UMR 7041 - Ethnologie préhistorique), membre du PCR ARBap.

caractéristique d'une période (Courty, 1924, p. 635 ; Tassé, 1982, p. 54), impossibilité de graver directement des courbes à l'outil lithique (Bénard, 2014, p. 156), possibilité de rainurage du grès dur grâce au métal... L'examen de ces hypothèses était donc primordial pour les problématiques chronologiques du PCR.

Le second axe de nos interrogations est d'ordre temporel. Quelle durée est nécessaire pour graver sillons et quadrillages, motifs lancinants de l'art rupestre dit du sud de l'Île-de-France ? Il s'agissait là d'une question relativement délaissée par le passé mais associée à de nombreux jugements subjectifs : « *travail opiniâtre* » (Courty, 1924 ; 347), « *faciles à graver* » (Tassé, 1982 ; 12), « *creusées [...] avec une longue patience* » (Bénard, 2014 ; 21)... Afin d'apporter pour la première fois des éléments de réponse clairs et chiffrés prenant en compte les différentes variables qui influent sur la réalisation des gravures, un vrai programme expérimental était nécessaire. C'est ce questionnement sur l'engagement humain dans ce phénomène rupestre, indispensable à toute approche paléolithologique du sujet, qui motiva en premier lieu notre travail.

Enfin, une troisième dimension tracéologique sous-tendait les deux autres, tant du côté des outils de gravure (aussi appelés « gravoirs ») pour la constitution d'un référentiel expérimental en collaboration avec Colas Guéret que du côté des parois gravées. Observant les sillons naître devant ses yeux, l'expérimentateur est en effet aux premières loges pour comprendre la formation des différents profils et stigmates de gravure parfois relevés sur les parois archéologiques sans forcément être bien compris. Cet axe de tracéologie pariétale dont nous espérons poser les bases fut une source inattendue de résultats.

Pour finir, des méthodes inédites de mesure de dureté des grès nécessaires à nos questionnements ont été développées dans le cadre de cette recherche en collaboration avec Stéphanie Tournon⁴ et Millena Frouin⁵ du LRMH (Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques) ainsi que Médard Thiry⁶ géologue des grès et membre du PCR. Une de ces méthodes sera exposée dans la partie méthodologique de ce mémoire. Ces différentes approches de la gravabilité des surfaces gréseuses pourront, à plus long terme, faire l'objet d'une recherche à part entière afin d'aborder la question des choix humains dans la sélection et la répartition des sites gravés.

Après une présentation des assises tant géologiques qu'archéologiques de notre démarche expérimentale, nous exposerons sa méthodologie. Les résultats de ces deux années de recherche seront ensuite abordés. Ces derniers concernent avant tout la nature du matériau gravé et nos problématiques relatives aux techniques et durées d'exécution, l'aspect tracéologique ayant été, par sa densité et le développement qu'il impose, réservé à des développements ultérieurs. D'autres considérations techniques reliées à ces problématiques tracéologiques et relevant des subtilités du rainurage y figureront également.

4 Pôle scientifique "grottes ornées" du LRMH.

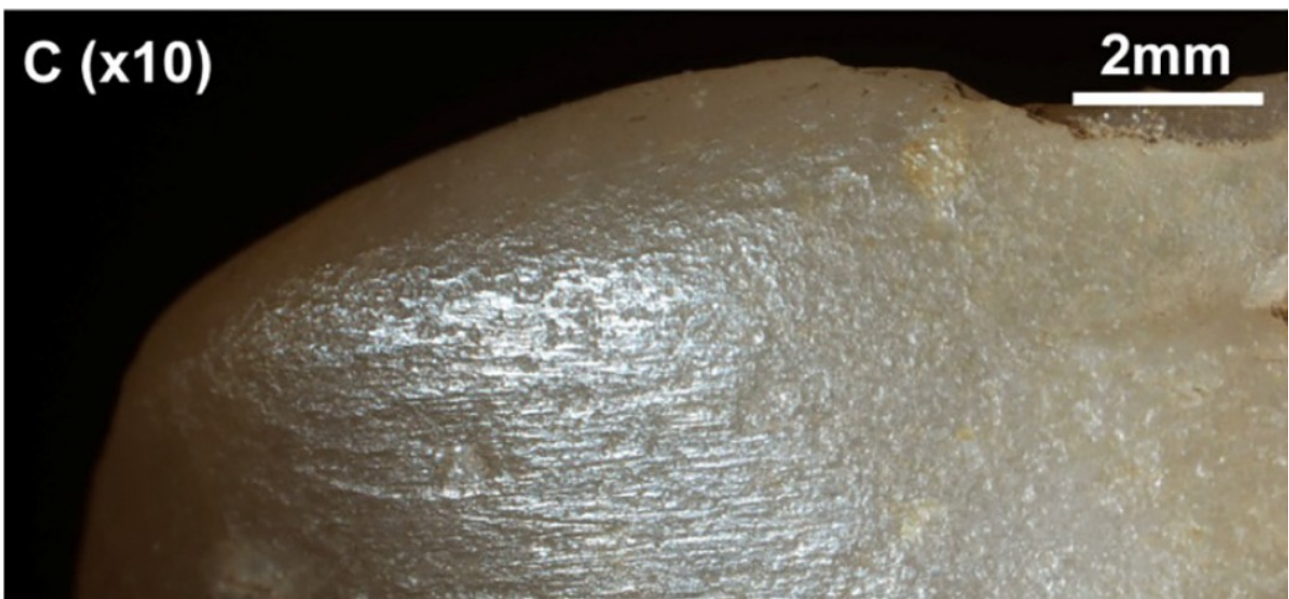
5 Pôle scientifique "grottes ornées" du LRMH.

6 Chercheur à Mines ParisTech, PSL Research University, Centre de géosciences, et tuteur de notre recherche.



Grès blanc de la carrière de sable SAMIN à Buthier (77) (photographie : Médard Thiry)

Partie 1 - Sur le sentier de la pratique : présentation des données géologiques et archéologiques préliminaires à l'expérience de gravure



Exemple de traces de rainurage du grès sur une partie active de gravoir mésolithique en silex (C.Guéret)

I - Une matière : le grès et son cortex friable

Les grands processus géologiques de formation du grès ayant été détaillés ailleurs (Cantin, 2018 ; 15 ; Thiry et al., 2013 ; Thiry, 2017b), nous nous limiterons à un rappel général afin d'aborder directement son cortex friable : seule couche de cette roche gravable par rainurage et à laquelle ce travail s'intéresse tout particulièrement.

A) Cortex friable, grès dur et quartzite : éléments de définition

Le grès est une roche sédimentaire constituée de grains de quartz cimentés entre eux par de la silice. Le processus de silicification par lequel il se forme met en scène l'écoulement d'eaux chargées en silice des nappes phréatiques à travers le sable pourvoyeur desdits grains de quartz (Thiry et al., 2013). C'est dans ce sable qu'il se retrouve encaissé lors de son affleurement.

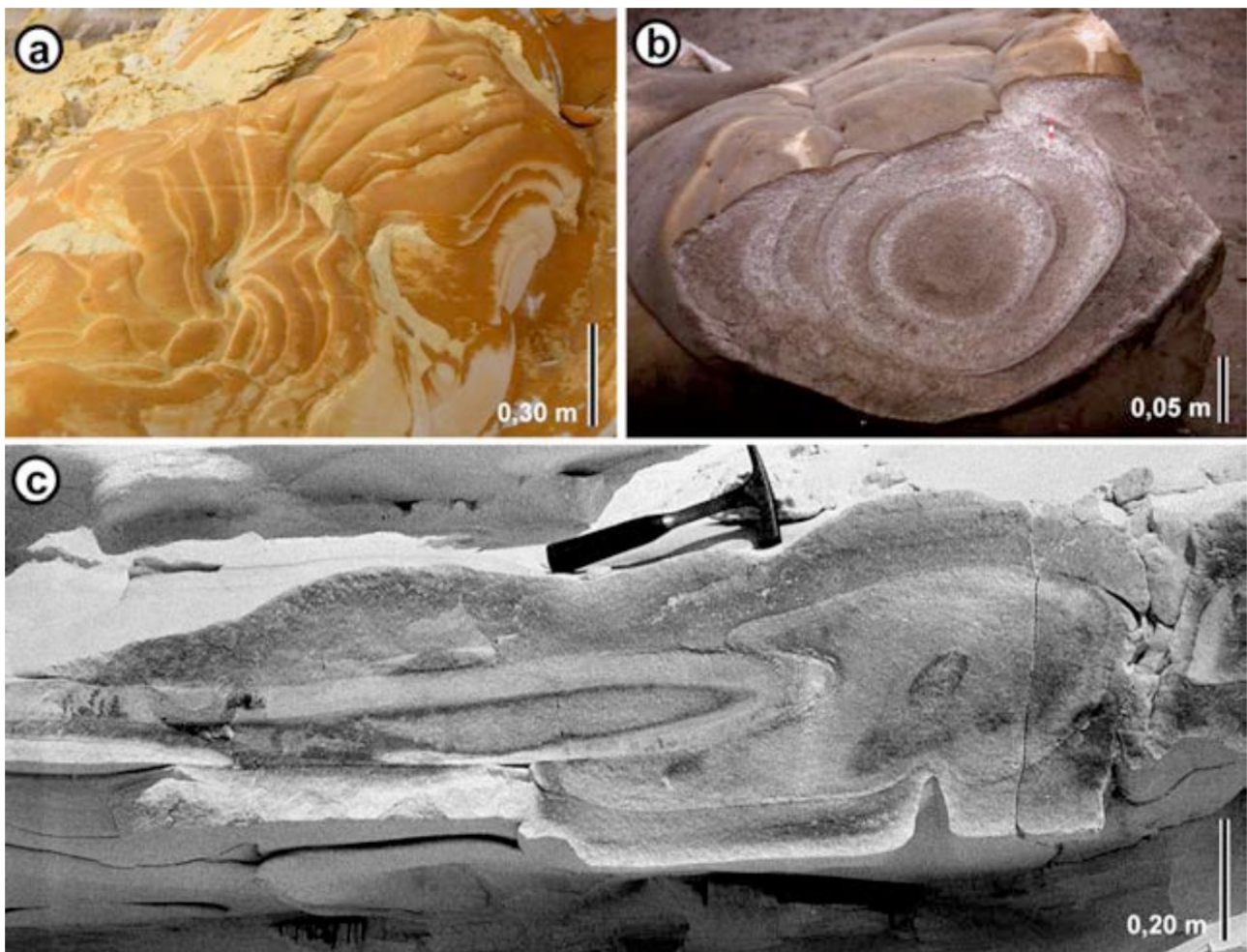


Fig 1 : Surface externe (a) et plans de fractures (b et c) de grès montrant les superpositions d'enveloppes silicifiées successives (Thiry, 2017b).

La silicification de la roche se réalise de manière centrifuge par petites enveloppes successives de 0,5 cm d'épaisseur environ selon l'apport en eau (fig 1). On appelle cortex friable la dernière enveloppe superficielle du grès dont la silicification n'a pas été totalement achevée. Sous cette zone

I - Une matière : le grès et son cortex friable

friable se trouvent les précédentes enveloppes devenues cohérentes qui forment le cœur dur de la roche. L'interface entre cortex friable et grès dur est franche et parfois visible⁷ en coupe (fig 2). Le grès dur dont le nourrissage en silice est arrivé à saturation est appelé quartzite.

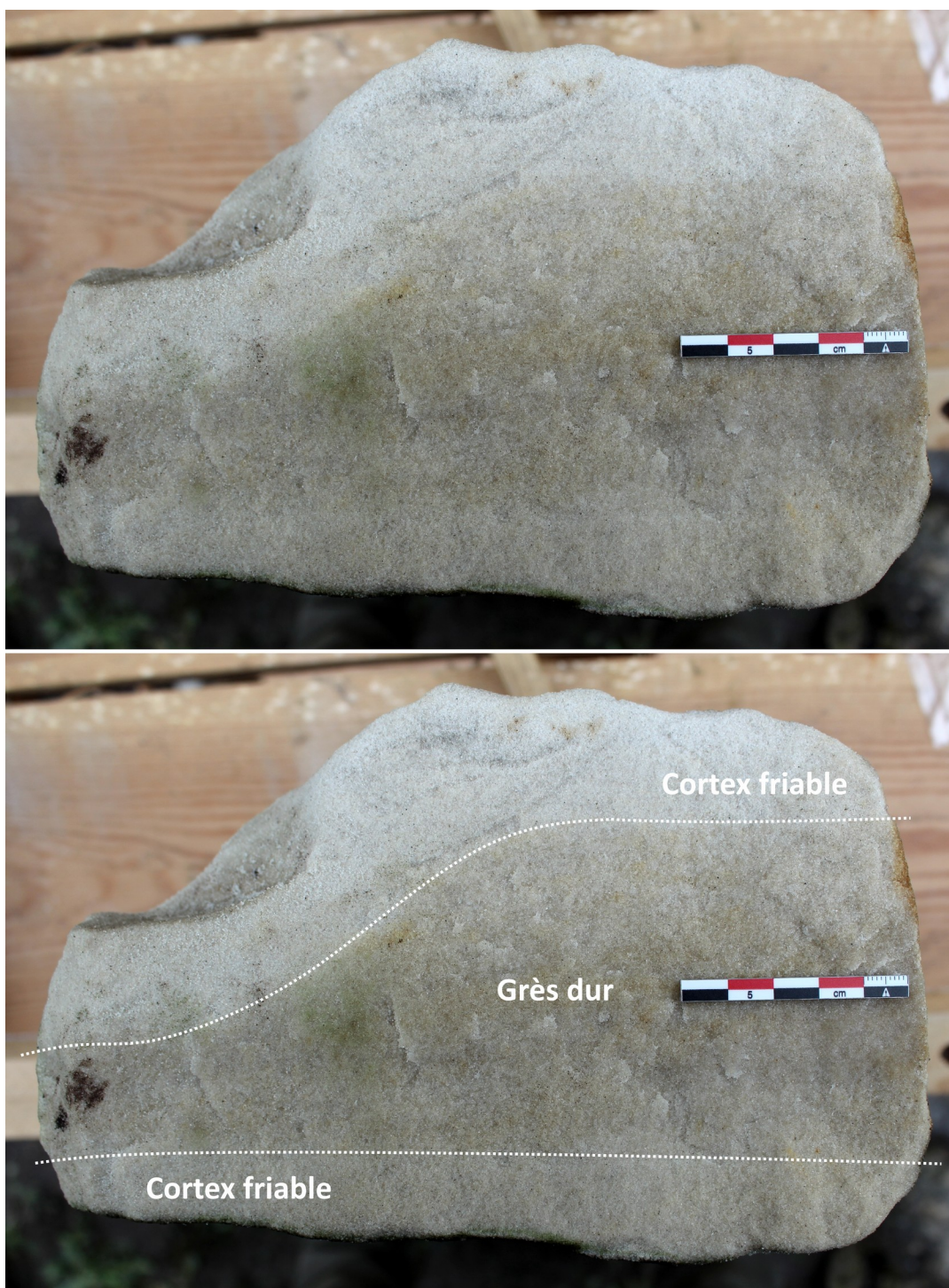


Fig 2 : Photographie d'un pan de fracture de bloc de grès porteur d'un cortex friable sur son recto et son verso (mire : 5 cm). On distingue bien le cœur dur de la roche par sa couleur et sa cohérence

⁷ Sur une grande partie des blocs expérimentaux, la visibilité du cortex friable sur leurs pans de fractures était oblitérée par un envahissement des croûtes organiques. Ceci est dû à la relative ancienneté de leur débitage, une bonne vision des couches impliquant une fracture « fraîche ».

Partie 1 - Sur le sentier de la pratique : données préliminaires à l'expérience de gravure

La caractéristique friable des cortex, liée à une cimentation incomplète des grains de quartz qui les composent, offre des parois gravables par rainurage. Seules les parois porteuses de ces cortex friables ont pu être gravées par cette technique. Leur épaisseur est généralement infra-centimétrique (cf partie 3.I.A.2.1 p. 34) mais peut atteindre plusieurs centimètres dans certains abris (jusqu'à 5 cm dans la grotte à la Peinture de Larchant par exemple, d'après nos observations personnelles). Cette épaisseur définit la profondeur maximale des gravures réalisables dessus. Le grès dur sous-jacent à cette couche surfacique n'est pas gravable par rainurage.

Dans les carrières récentes, les cortex friables sont présents sur l'intégralité des grès. Ils sont en revanche toujours absents aujourd'hui des surfaces externes des blocs erratiques et platières en chaos gréseux. Ces observations indiquent qu'une cinquantaine d'années suffisent pour éroder presque entièrement, dans les conditions climatiques actuelles, les cortex friables des grès exposés à l'air libre (Médard Thiry, communication personnelle). Cette constatation réduit de fait la présence de gravures rainurées aux seules cavités abritées, leur présence ou absence en extérieur durant la Préhistoire étant indémontrable dans l'état actuel des connaissances.

Enfin, il faut également noter que lors de leur mise à l'affleurement, les cortex friables sont de la même couleur blanche que les sables de Fontainebleau qui les encaissent. Ils acquièrent leurs teintes grisâtres courantes par altération et développement de croûtes minérales ou organiques (dénommées sous l'abréviation BIRC ou MIRC pour *biological/mineral indurate rock crust* : Thiry, 2017a). Cette constatation explique la rareté des zones blanches dans les cavités gravées, ces dernières renvoyant à une bonne conservation des gravures où à des raclages/desquamations récentes.

B) Description des supports gréseux expérimentaux



Fig 3 : Bois de l'abbesse, Darvault (77). Photographie de la carrière de sable source des supports expérimentaux.

I - Une matière : le grès et son cortex friable

Afin d'expérimenter sur des supports correspondants au grès des cavités archéologiques, Médard Thiry géologue spécialiste de cette roche nous emmena dans l'ancienne sablière du *Bois de l'abbesse* à Darvault (77) à l'est du massif de Fontainebleau (fig. 3). Les ouvriers, à la recherche de sables profonds et purs pour l'industrie verrière, y ont en partie démantelé durant la première moitié du XXe siècle les dalles gréseuses qu'ils rencontrèrent à l'extraction, rejetant en déblais de multiples blocs présentant une grande variété de cortex friables (plus ou moins épais, de friabilité variable et avec des morphologies de surface variées, fig 4). Ce sont ces blocs qui nous ont servi de supports expérimentaux lors notre première année de recherche. Nous les décrivons en première sous-partie. Lors de notre seconde année de recherche, nous avons expérimenté la gravure directement au sein de cavités dites « géodiques » appartenant aux morphologies gréseuses encore en place sur les versants de l'exploitation (fig 4). Nous les décrivons en seconde sous-partie.



Fig 4 : Bois de l'abbesse, Darvault (77). Photographie aérienne de la carrière de sable (modifiée d'après geoportail.fr). La zone de récolte des blocs mobiles pour les projets expérimentaux n°1 et 2 est indiquée en orange. Les cavités géodiques investies pour le projet expérimental n°4 sont situées par des points rouges numérotés.

1 - Les blocs des projets expérimentaux n°1&2

Pour des raisons pratiques (être à l'abri des intempéries avec un confort général de travail...) comme éthiques, nous avons fait le choix de réaliser nos premières expériences (protocole décrit en détail en partie 2.I.A p.19) sur des supports de grès mobiles.

D'un point de vue géologique, ces blocs sont issus du débitage anthropique de platières ou de dalles gréseuses aux morphologies dites « positives » par opposition aux formes en creux de type géodiques dites « négatives » qui se forment à l'intérieur des corps gréseux (Thiry, 2017b). Il y a donc une grande proportion des cortex friables qu'ils portent, si ce n'est la grande majorité, qui correspondent à des surfaces de silicifications gréseuses externes. Par cette notion nous désignons tous les cortex friables qui se sont formés à l'interface d'un sable perméable. Ce sont ces cortex qui ont aujourd'hui disparu de toutes les surfaces externes des blocs erratiques et platières exposés à l'air libre en chaos naturels. Cette différenciation nous sera utile au moment de les comparer avec ceux des cavités géodiques qui se sont formés à l'interface de sables peu voire non-perméables. Nous reviendrons sur ce point dans la sous-partie suivante.



Fig 5 : En 1, exemple de cavité en abri-sous-roche. En 2, exemple de cavité en chambre (Bénard, 2014 ; 15).

D'un point de vue archéologique, les cortex friables de ces blocs sont similaires à ceux des abris-sous-roche et chambres gravés. Avec les géodes, ces deux types de contextes rupestres forment une typologie définie par Alain Bénard dans sa thèse (Bénard, 2014 ; 15). Les cavités en abris-sous-roche sont constituées de parois gréseuses dont le cortex-friable a été protégé par un surplomb rocheux (fig 5 à gauche). Bien qu'aucune statistique n'existe encore, il s'agit du type d'abri gravé certainement le moins fréquent. Les cavités en chambre sont constituées par l'amoncellement de blocs de grès souvent imposants dont la face protégée porte encore un cortex friable (fig 5 à droite). Plus courants que les abris-sous-roche, ils restent moins représentés que les géodes. Les cortex friables de ces sites gravés correspondent à des surfaces de silicifications gréseuses externes.

Après une première visite de repérage dans la sablière du *bois de l'abbesse*, une trentaine de blocs ont été sélectionnés avec Médard Thiry dans une zone de rejet (fig 4) sur la base d'une reconnaissance à l'œil de la texture caractéristique des cortex friables et dans l'optique de

I - Une matière : le grès et son cortex friable

rassembler un échantillon de gravabilités aussi diverses que possible. Les blocs ont été ensuite transportés sur un terrain privé (fig 6).



Fig 6 : Ensemble des blocs de grès mobiles de notre corpus expérimental rassemblés sur des traverses en bois de deux mètres.

Il s'agit pour la plupart de morceaux de fuseaux porteurs d'au moins un plan de fracture ingravable. En annexe 2 du volume n°2 se trouve une description morphométrique détaillée de chacun de ces supports. Leurs dimensions moyennes sont de 21 cm de long par 20 cm de large et 10 cm d'épaisseur.



Fig 7 : A gauche, exemple de surface expérimentale sur bloc porteuse d'un cortex friable blanc. A droite, exemple de surface au cortex friable noir et d'épaisseur presque inexistante.

Partie 1 - Sur le sentier de la pratique : données préliminaires à l'expérience de gravure

Chaque bloc peut offrir une ou deux (recto-verso) surfaces gravables, rarement trois. Ces dernières peuvent être planes ou convexes avec parfois quelques zones concaves. Certaines sont blanches et vierges de croûtes (fig 7, à gauche) tandis que d'autres présentent des teintes beiges à grises. Au total, 50 surfaces ont été définies bien que seulement 21 (voir annexe 3 du vol.2) se soient révélées réellement gravables. En effet, nombre d'entre elles étaient envahies et indurées par un dépôt noir et leur cortex friable était très réduit (infra-millimétrique) voire inexistant (fig 7, à droite).

Enfin, la récupération d'un petit bloc de grès dans un abri non gravé du cœur du massif de Fontainebleau (Buno-Bonnevaux, lieu-dit *La grande vallée*) permet de prendre en compte le cas d'un cortex friable très épais (supra-centimétrique) sur bloc. Son apport essentiel sera discuté dans les résultats.

2 - Les géodes du projet expérimental n°4

Pour le projet expérimental n°4, trois cavités géodiques s'étalant le long du principal versant sud-est de l'ancienne exploitation (fig 4) ont été gravées. Elles s'inscrivent toutes dans le niveau gréseux inférieur des sables (Thiry et al., 2013) ; le niveau supérieur présentant des dalles d'épaisseurs trop limitées pour offrir ce genre de cavités.

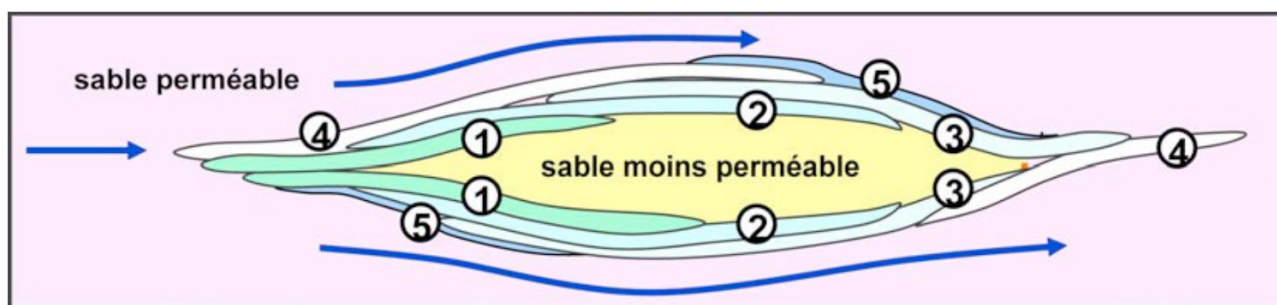


Fig 8 : Schéma de formation d'une cavité géodique au sein d'une dalle gréseuse (Thiry, 2017b). La circulation des eaux de nappe figurée par les flèches bleues donne naissance aux enveloppes de silicification successives numérotées par étapes d'accrétion.

D'un point de vue géologique, une géode est un creux au sein d'une morphologie gréseuse. Ce creux correspond à une ancienne poche de sable non silicifiée qui s'est vidée lorsque le grès a été mis à l'affleurement où s'est fracturé (Thiry, 2017b). Son existence est donc liée à la faible perméabilité de cette poche de sable initiale : les eaux silicifiantes responsables de la formation du grès ont ainsi contournées la zone en question (fig 8). En ce sens, les cortex friables des parois des cavités géodiques peuvent être considérés comme des surfaces de silicifications gréseuses internes : leur genèse intervient à l'interface d'un sable non-perméable en milieu pseudo-fermé. De nos jours, les géodes peuvent se trouver soit au niveau des platières de grès en place, soit à l'intérieur de bloc erratiques.

D'un point de vue archéologique, la géode semble être le contexte gravé majoritaire sur les deux milles abris connus bien qu'aucun chiffre précis ne puisse être encore donné.

La première géode abordée dans le cadre de nos expériences en carrière (point n°1 de la fig 4, support 31 de l'annexe 2) fait partie intégrante d'une platière encore en place dans le sédiment (fig 9a). Il s'agit d'un conduit en cheminée fermée qui se verticalise au fur et à mesure de son parcours (fig 9b et c). Sa longueur totale est de 3 m pour environ 90 cm de largeur et 80 cm de hauteur

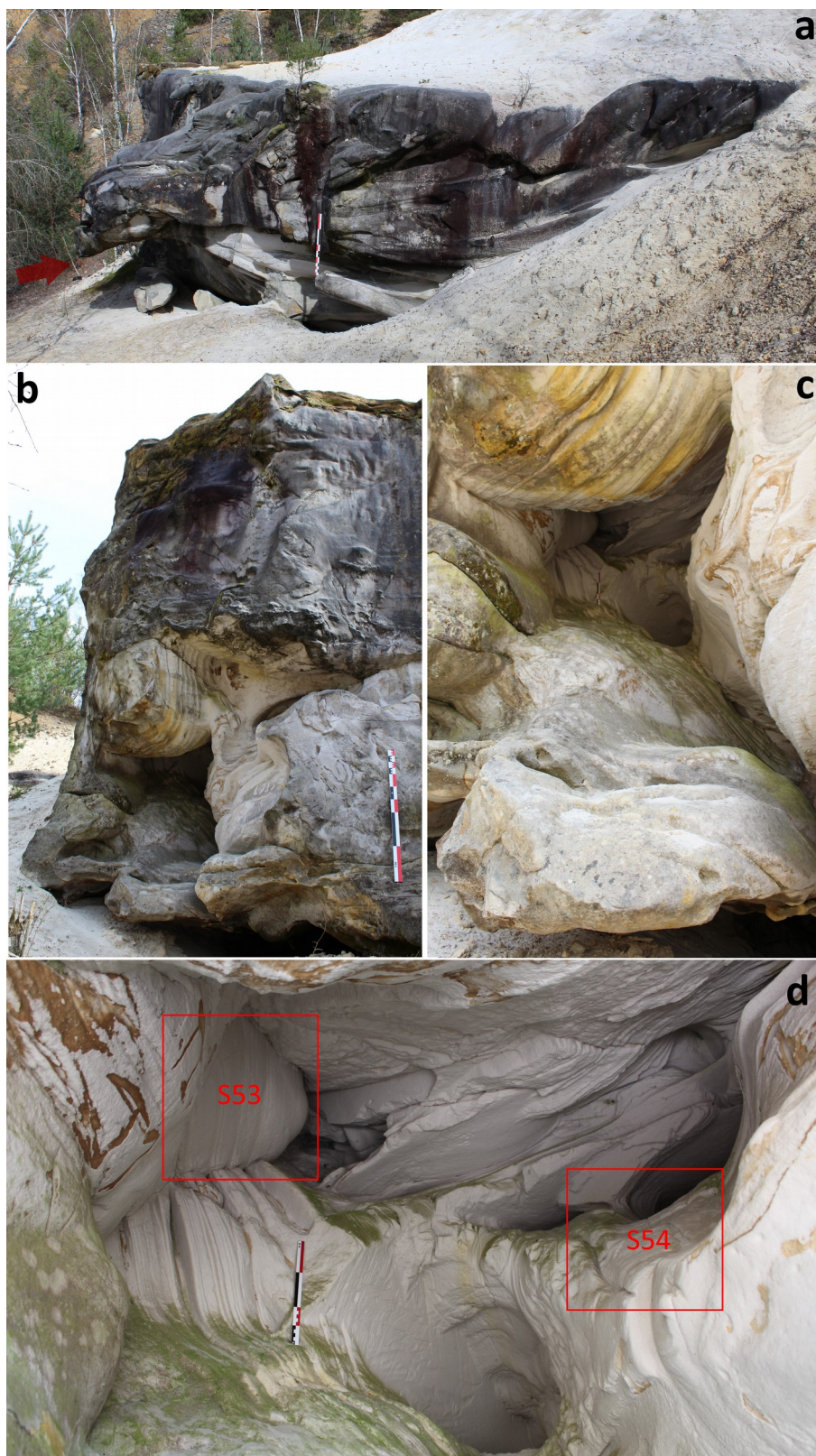


Fig 9 : Bois de l'abbesse, Darvault (77). Photographies de la géode n°1 (id 31) et de son contexte. En a, platière en place dans laquelle s'inscrit la cavité (mire de 1m). La flèche pourpre en bas à gauche de la photo indique son entrée. En b et c, ouverture de la géode (mire de 1m). En d, extrémité du conduit avec indication des surfaces expérimentales 53 et 54 (mire de 30 cm).

Partie 1 - Sur le sentier de la pratique : données préliminaires à l'expérience de gravure

Deux surfaces expérimentales ont été définies à son extrémité (fig 9d), l'une sur paroi verticale (surface 53 en annexe 3) et l'autre sur une banquette inclinée (surface 54 en annexe 3). L'ensemble des caractéristiques morphologiques de cette cavité nous permettent de la rapprocher du cas archéologique des *Béorlots 2* au Vaudoué (77) qui se présente également sous la forme d'un conduit en cheminée fermée dans une platière en place (Bénard et al., 2018 ; 204,210).



Fig 10 : Bois de l'abbesse, Darvault (77). Photographies de la géode n°2 (id 32) et de son contexte. En a, bloc de versant abritant la cavité (mire de 1 m). La flèche pourpre à droite de la photo indique son entrée principale. En b, photographie du pan de fracture du bloc de versant avec l'entrée du conduit (mire de 1 m). En c, vue des surfaces expérimentales 55 et 56 en descendant dans la géode depuis l'entrée principale (mire de 30 cm). On distingue en arrière-plan la seconde ouverture du conduit.

I - Une matière : le grès et son cortex friable

La seconde géode testée (point n°2 de la fig 4, support 32 de l'annexe 2) est un long conduit incliné qui traverse de part en part un imposant bloc de versant (fig 10a). Ouverte à ses deux extrémités, son entrée la plus accessible se situe sur le pan de fracture de ce bloc de versant avec le reste de la dalle gréseuse en place (fig 10b). La longueur totale du conduit est de 5,40 m pour environ 1,50 m de largeur et 1,20 m de hauteur à l'endroit des surfaces gravées. Au nombre de deux (fig 10c), l'une de ces surfaces se trouve sur une banquette en fuseau solidaire de la paroi (surface 55) tandis que l'autre est installée sur un pan incliné (surface 56).

La morphologie de cette géode en conduit ouvert est fréquente parmi les abris gravés. La cavité de *la Ségognole 4* à Noisy-sur-école en est un bon exemple (Thiry, 2017b ; 43).



Fig 11 : Bois de l'abbesse, Darvault (77). Photographies de la géode n°3 (id 33) et de son contexte. En a, platière en place dans laquelle s'inscrit la cavité (mire de 1m). La flèche pourpre à droite de la photo indique son entrée. En b, entrée de la cavité (mire de 1 m). En c, photographie de l'intérieur de la cavité avec indication des surfaces expérimentales 57 et 58 (mire de 50 cm).

Enfin, la dernière des trois géodes expérimentalement gravées (point n°3 de la fig 1, support 33 de l'annexe 2) se situe comme la première dans une platière en place (fig 11a). Composée d'un sol

Partie 1 - Sur le sentier de la pratique : données préliminaires à l'expérience de gravure

sableux, cette cavité constitue probablement le vestibule d'un conduit encore ensablé (fig 11b). Ses dimensions sont les suivantes : 3,20 m de long, 90 cm de large et 1 m de haut. Deux surfaces expérimentales y ont également été définies (fig 11c) : une première sur une large banquette planoconvexe (surface 57) ainsi qu'une seconde sur petite paroi verticale du fond (surface 58).

Des géodes similaires à sol sableux existent également dans le corpus archéologique. On peut par exemple citer celle de *La grande vallée 9* à Buno-Bonnevaux (91) pour comparaison.

II - Des outils reproduits d'après les industries lithiques de la seconde moitié du Boréal

La découverte dans les cavités gravées d'outils lithiques de gravure caractéristiques du Mésolithique moyen et en particulier de la seconde moitié du Boréal constitue un argument fort pour une attribution du phénomène rupestre de Fontainebleau aux derniers chasseurs (Guéret et Bénard, 2017). Étudiés en détails par Colas Guéret, ils nous ont servis de base pour la reproduction de gravoirs expérimentaux.

A) Corpus de gravoirs archéologiques

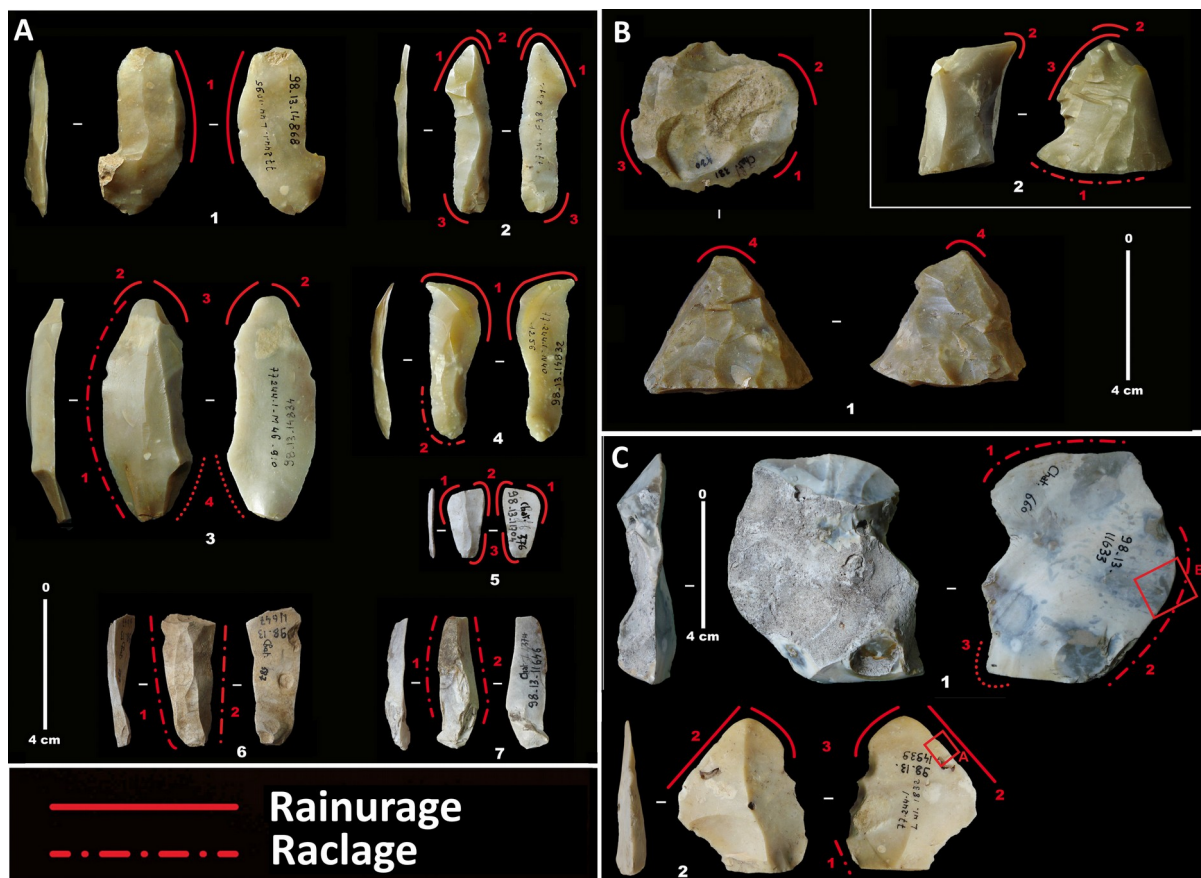


Fig 12 : Photographies de gravoirs archéologiques en silex avec indication de leur partie active en rouge (modifié d'après Guéret et Bénard, 2017). En A, lamelles de type Coincy de la Grotte à la peinture (1-4) et de la Grotte de Chateaubriand (5-7). En B, nucléus lamellaires des même sites (dans l'ordre). En C, éclats provenant également des deux mêmes sites.

II - Des outils reproduits d'après les industries lithiques de la seconde moitié du Boréal

On désignera par gravoir tout outil de gravure utilisé pour graver le grès. D'un point de vue typologique, cette catégorie n'a rien d'homogène : tout le spectre classique des industries mésolithiques est représenté (Guéret et Bénard, 2017 ; 113). Plus que le support initial, c'est donc bien une recherche de parties actives particulières via un recyclage de l'outillage quotidien qui a orienté le choix des graveurs de ces groupes de chasseurs-cueilleurs. Ces parties actives sont préférentiellement tranchantes, linéaires et convexes (fig 12) bien que des formes plus punctiformes, notamment au niveau du talon de certaines pièces lithiques, existent. Différentes matières premières locales sont représentées : quartzite, silex blond et silex noir de la vallée du Loing et peut-être certains silex blonds des chaos gréseux dénommés « cailles ».

B) Corpus de gravoirs expérimentaux



Fig 13 : Gravoirs lithiques expérimentaux utilisés sur les blocs avec indication de leur parties actives en rouge. De 1 à 8, lamelles de type Coincy (1-3 silex blond de « caille », 4-6 silex noir du Loing, 1-2 quartzite). De 9 à 17, éclats (9-11 silex blond du Loing, 12 silex blond de « caille », 13-15 silex noir du Loing, 16-17 quartzite). En dessous de chaque numéro de la figure est indiqué celui de l'enregistrement de l'outil dans notre base de données (annexe 4 du vol.2).

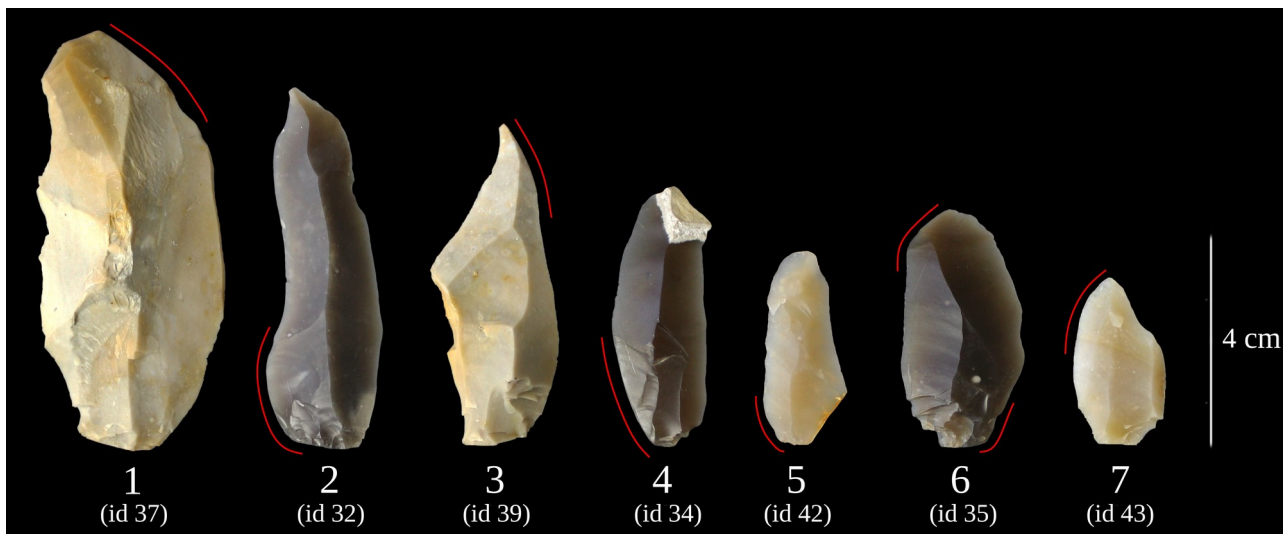


Fig 14 : Gravoirs lithiques expérimentaux utilisés en cavité géodique pour le projet expérimental n°4 avec indication de leur parties actives en rouge. De 2 à 5, lamelles de type Coincy (2 et 4 silex noir du Loing, 3 silex blond du Loing, 5 silex blond de « caille »). En 1, 6 et 7, éclats (1 silex blond du Loing, 6 silex noir du Loing, 7 silex blond de « caille »)

Afin que nos gravoirs expérimentaux soient conformes au corpus archéologique, nous nous sommes familiarisés avec la production lithique du premier Mésolithique caractérisé par des débitages de lamelles à la pierre tendre, dits « de type Coincy » (Rozoy, 1978 ; Guéret, 2013). Dans un souci de simplicité et d'efficacité, nous avons reproduit les supports de gravoirs les plus abondants : lamelles et éclats bruts. Les matières premières utilisés au Mésolithique (grès quartzites et silex de la Vallée du Loing) ont été respectées. Un total de 24 gravoirs lithiques rassemblant 29 zones d'usures furent utilisés. Ils se répartissent en 14 éclats pour 13 lamelles (annexe 4 du vol.2) divisées en deux corpus : un premier pour la gravure sur bloc (fig 13) et un second pour la gravure en géode (fig 14). Un dessin de contour est systématiquement effectué avant utilisation.

III - Des gestes : entre rainurage et raclage

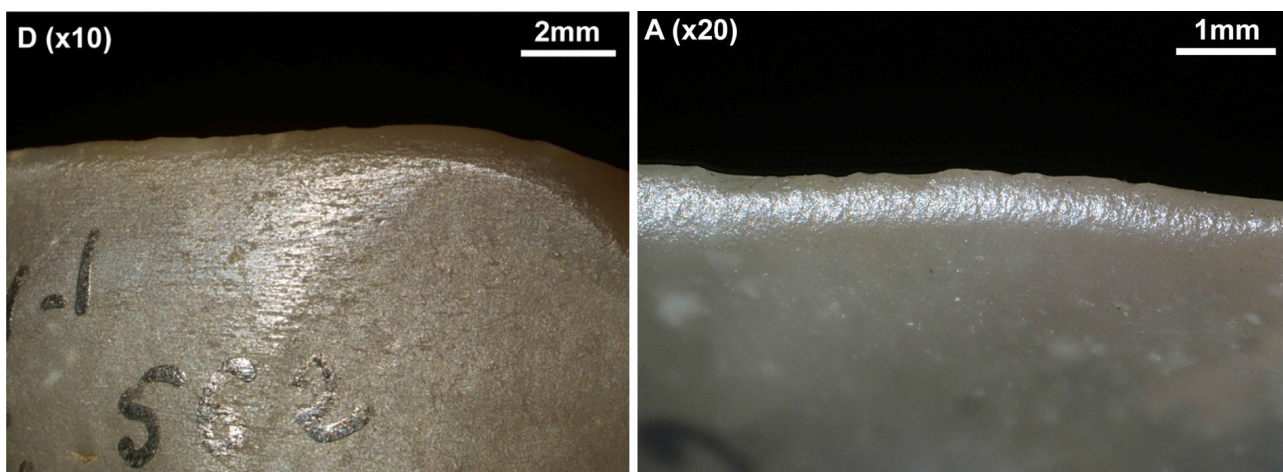


Fig 15 : Zones d'usures de gravoirs archéologiques. A gauche stigmates de rainurage, à droite stigmates de raclage. (Guéret et Bénard, 2017)

III - Des gestes : entre rainurage et raclage

L'analyse des zones d'usures sur les gravoirs archéologiques révéla de manière singulière deux modes de fonctionnement des parties actives (Guéret et Bénard, 2017).

Une première renvoie, pour 75 % du corpus, vers une gestuelle attendue de rainurage, autrement dit liée à des actions de va-et-vient sur le grès avec l'outil afin de creuser un sillon : des stries d'usure parallèles aux tranchants accompagnent un poli développé de manière symétrique sur les deux faces de l'outil (fig 15D). L'étendue des usures est cohérente vis à vis des profondeurs des gravures archéologiques.

Une seconde composante plus originale, correspondant à 25 % du corpus, renvoie à des gestes de raclage : les stries d'usure sont perpendiculaires au tranchant avec un poli sur une seule face de l'outil (fig 15A). La question des intentions humaines derrière ce deuxième mode de fonctionnement, peut-être lié à diverses préparations de surfaces comme la suppression de croûtes par exemple, sera développée à l'occasion de recherches expérimentales ultérieures.

Enfin, on peut noter qu'une troisième technique repérée dans certaines cavités est actuellement absente du corpus de gravoirs mésolithiques : le piquetage. Ce dernier procédé semble caractéristique des figures du Néolithique moyen en partie réalisés sur grès dur et à l'air libre (Cassen, 2016 ; Cassen et al., 2017).



Vue de l'atelier de gravure

Partie 2 - Les outils méthodologiques d'une recherche exploratoire



Mesure de dureté du grès à Darvault (77) avec un scléromètre

Partie 2 - Les outils méthodologiques d'une recherche exploratoire

Dans cette partie, nous souhaitons développer la méthodologie employée pour mener à bien notre recherche expérimentale. Cet aspect sera traité dans la première sous-partie. La seconde sera réservée au développement inédit d'une méthode de mesure de dureté du grès, paramètre essentiel que l'on souhaitait cerner pour quantifier l'influence de la gravabilité des surfaces sur la réalisation des gravures.

I - Organisation de la démarche expérimentale

Afin de répondre à nos différentes problématiques, plusieurs projets expérimentaux ont été élaborés. Le terme de « projet expérimental » a été préféré à celui d'« expérimentation » tout seul afin de signifier que chacun d'entre eux est en fait composé d'une série de petites expériences de gravures destinées à couvrir l'intégralité des questionnements qui se posent à l'expérimentateur. Il renvoie également à une plus grande liberté d'action vis-à-vis d'un protocole qui serait trop rigide et contraignant, la démarche expérimentale présentant toujours un aspect exploratoire qui engendre un va-et-vient entre conception initiale et réalité de la pratique qui induit de nouvelles interrogations. Tous les résultats expérimentaux ont été enregistrés de manière systématique dans une base de données qui sera également décrite.

Plusieurs résultats inattendus sur la nature même des cortex friables et ce que leur gravure implique sont apparus lors de la pratique. Leur caractère fondamental à la bonne compréhension des grès gravés sera exposé en partie 3.I (p. 30). C'est aussi cet apprentissage inattendu du réel qui fait toute la richesse d'une démarche expérimentale et accompagne tant sa structure que ses questionnements.

A) Quatre projets expérimentaux

Comme mentionné en introduction de ce mémoire, nos problématiques expérimentales relèvent de trois axes : technique, temporel et tracéologique. Bien qu'à chaque fois dominé par un de ces axes de questionnements, chaque projet expérimental présenté ci-dessous a été conçu dans l'optique d'optimiser les recherches en anticipant la récolte des données nécessaires aux autres. A la lecture de leur protocole, le lecteur pourra ainsi discerner certains aspects qui n'ont pas encore été exploités dans les résultats.

1 - Autour du sillon rectiligne : technique, morphologies et durées de réalisation de l'unité de gravure élémentaire de l'art rupestre de Fontainebleau

Pour étudier le temps d'exécution d'un sillon où d'autres motifs plus complexes, il est tout d'abord nécessaire de définir les différents éléments qui entrent en jeu lors de chaque gravure. Ces éléments pourront ensuite être décomposés en différentes variables conditionnant la durée de leur réalisation. On peut ainsi lister :

- Le support des gravures (variables déductibles : dureté et épaisseur du cortex friable, croûtes...)
- Le motif gravé (variables déductibles : type, dimensions, profondeur de gravure...)
- Le graveur (variables déductibles : matière, morphologie, type de partie active...)
- Le graveur (variables déductibles : position de gravure, force physique, volonté...)

Afin de caractériser l'influence de chaque variable, il est nécessaire de les tester séparément en « bloquant » provisoirement les autres. Ces tests prennent la forme d'expériences aux protocoles

Partie 2 - Les outils méthodologiques d'une recherche exploratoire

rigoureux et reproductibles rassemblés dans ce projet expérimental n°1. Ces protocoles sont détaillés ci-dessous avec leurs objectifs et le corpus final d'expériences réalisées.



Fig 16: L'atelier de gravure.

Objectifs du projet expérimental n°1 : - Comprendre les techniques de rainurage sur le grès.

- Saisir l'influence de la dureté des cortex friables sur les durées de réalisation de sillons de longueur normée à 15 cm⁸.
- Saisir l'influence de la profondeur de ces mêmes sillons normés sur la durée de leur réalisation.
- Saisir l'influence de la longueur des sillons sur la durée de leur réalisation.
- Tester l'efficacité des différents gravoirs au rainurage en fonction de la durée de réalisation des sillons normés à 15 cm de longueur (dénommés « S15 » dans ce mémoire).
- Saisir l'influence du rainurage unidirectionnel par rapport au rainurage bidirectionnel sur la durée de réalisation des S15.
- Constituer des référentiels expérimentaux (gravoirs et gravures)

Matériel : - Gravoirs lithiques en silex du Loing et grès dur ou tendre.

- Gravoirs en matériaux organiques (non présentés dans ce mémoire).
- Gravoirs métalliques (non présentés dans ce mémoire)
- Blocs de grès aux cortex friables de différentes duretés et épaisseurs.

Installation : Un seul graveur effectue chaque expérience dans la même position en station debout avec support expérimental au niveau de la taille (fig 16).

⁸ approximation de la longueur moyenne des sillons archéologiques



Fig 17 : Exemple de surface gravée dans le cadre du projet expérimental n°1. On peut voir à gauche la série de S15 conclue par un sillonCF au centre. Le reste de la place à droite a été consacré au rainurage de sillons de différentes longueurs.

Déroulement des expériences (fig 17) : Chaque surface gravable a été abordée selon un plan identique. La gravure commence par la réalisation d'une série de sillons parallèles et de longueur normée à 15 cm (dénommés « S15 » dans la base de donnée). Leur nombre varie selon la place disponible et les interrogations du moment. Voici l'ordre le plus fréquent de leur enchaînement : premier sillon au silex avec un mouvement bidirectionnel, le second toujours au silex via un mouvement unidirectionnel, le troisième au grès, le quatrième à l'os, le cinquième au bois et le sixième au métal. Tous ces S15 ont été rainurés jusqu'au grès dur et chronométrés. Après une description morphométrique de chacun, nous sommes passés à la réalisation d'un autre type de sillon expérimental important pour notre démarche.

En effet, la réalisation des premières gravures a révélé un biais évident pour cerner l'influence de la dureté des grès sur les durées de réalisation des sillons : l'épaisseur assez variable de bloc en bloc ainsi qu'au sein d'une même surface gravable (cf partie 3.I.A.2 p.34). Comme l'option de rainurer tous nos sillons expérimentaux jusqu'au grès dur sous-jacent s'est rapidement imposée — la réalisation de sillons de profondeur constante par simple retenue du geste étant impossible — cette épaisseur variable empêchait leur normalisation nécessaire à notre recherche. En effet, comparer les temps d'exécution de sillons de même longueur mais de profondeurs différentes pour mesurer l'impact de la dureté aurait biaisé les résultats. Par conséquent, nous avons décidé de recueillir des

Partie 2 - Les outils méthodologiques d'une recherche exploratoire

données concernant leur vitesse de creusement, cette valeur étant indépendante de leur profondeur finale tout en étant toujours significative de la dureté des cortex.

Cette vitesse de creusement est obtenue via la réalisation d'autres sillons de 15 cm de long, tous rainurés au même rythme et avec le même gravoir en silex (n°11 de la fig. 13), sur lesquels sont effectuées toutes les 10 secondes pendant 2 minutes puis toutes les 30 secondes pendant 2 minutes supplémentaires des mesures de profondeur en trois points [A,B,C]. Le premier point A est situé à 4 cm de l'extrémité sommitale du sillon, le second point B à 8 cm de cette même extrémité et le point C à 12 cm. Le rainurage se fait donc sur l'intégralité des 15 cm du tracé via de multiples va-et-vient de l'outil. Ce type de gravure expérimentale est dénommée « **sillonCF**⁹ » dans la base de données. La vitesse de creusement est ensuite calculée grâce aux données et visualisée via une courbe de creusement en fonction du temps. L'étude de ces courbes permettra également d'assurer la fiabilité de la sensation empirique d'atteinte du grès dur ressentie au gravoir et de l'objectiver via des données quantitatives. Enfin, nous avons également décidé de récolter, en parallèle des profondeurs, les largeurs aux mêmes points et aux mêmes intervalles de temps afin de comprendre l'évolution du processus d'élargissement. Chaque prise de mesure est précédée d'une photographie du sillon pour enregistrer son évolution morphologique.

Après ces deux types de sillons réalisés, d'autres sillons de différentes longueurs (dénommés simplement « **sillon** » dans la base de donnée) ont été réalisés sur le reste de la place disponible avec des gravoirs lithiques afin de cerner l'influence de la longueur sur la durée de leur réalisation.

Dénombrement des expériences : Un total de de 96 sillons divisés en 35 « S15 », 10 « sillonCF » et 51 simples « sillons » ont été réalisés sur 14 surfaces gravables différentes de blocs (voir annexe 5 du vol.2). Le tableau 1 ci-dessous récapitule le nombre de ces différents types de sillons par surfaces gravées pour ce premier projet expérimental :

Sillon type \ N°surface	2	3	4	5	6	7	9	10	11	16	18	21	40	46	TOTAL
S15	2	4	4	4	2	7	1	3	1	2	5				35
sillonCF		1	1	1		1		1	1		1	1	1	1	10
sillon	5	1		24	2	3		16							51
TOTAL	7	6	5	29	4	11	1	20	2	2	6	1	1	1	96

Tableau 1 : Dénombrement des sillons du projet expérimental n°1 par surfaces gravées sur blocs.

2 - Définition de la faisabilité des tracés courbes avec des gravoirs lithiques

Objectif : - Saisir les éventuelles contraintes liées à la réalisation des tracés courbes.

Matériel : - Gravoirs en silex.

- Blocs de grès aux cortex friables semblables à ceux des parois des abris gravés.

Installation : cf. projet expérimental n°1

Déroulement des expériences : Réalisation didactique (cf. test de découverte) de motifs courbes.

3 - Durées de réalisation de « motifs jalons »

L'objectif est de calculer des durées moyennes de réalisation sur des motifs précis (plus grand et plus petit quadrillage connu, autres types de motifs, ensemble de gravures répertorié sur un même panneau...). Ces jalons seront établis sur des supports partageant des cortex friables

⁹ Abréviation de « sillon au creusement fiable » afin rappeler la documentation objective et rigoureuse déployée pour enregistrer leur réalisation.

semblables à ceux des cavités gravées et non sur toutes les duretés existantes. A cet effet, nous avons reproduit sur blocs 15 exemples archéologiques de quadrillages du massif de Fontainebleau (annexe 7 du vol.2), toujours dans l'atelier de gravure de la figure 16. Par la suite, 8 quadrillages réalisés en géode sont venus compléter cet effectif à l'occasion du projet expérimental n°4 qui sera décrit ci-dessous

4 - Graver des cortex friables de blocs et de géodes : quelles différences ?

Ce projet expérimental réalisé lors de notre seconde année de recherche fait suite aux trois premiers. Il est né d'un premier retour tracéologique de Colas Guéret sur les 17 gravoirs lithiques expérimentaux utilisés précédemment. En effet, leurs traces d'usures ne correspondaient pas systématiquement avec celles des pièces archéologiques (annexe 8 du vol.2). Pour expliquer cette différence, plusieurs hypothèses ont alors été suggérées : nature différente du grès des blocs par rapport aux cavités, poudre de rainurage non-évacuée lors de la gravure systématiquement horizontale des blocs, autre paramètre inconnu... Afin de résoudre cette interrogation, il était essentiel de constituer un second référentiel de traces via de nouvelles expériences de gravure sur parois de cavités semblables à celles investies par les graveurs préhistoriques. Un retour en carrière afin d'y tester la gravure en géodes récemment mises au jour et déjà investies par des graffiti contemporains a alors été envisagé.

Mener de nouvelles expérimentations sur un support gréseux totalement archéocompatible avec le corpus des abris gravés permettait également de vérifier la pertinence des premiers résultats obtenus sur blocs. Le développement d'un discours sur la représentativité de ces premiers supports gréseux par rapport à ceux des cavités était l'étape nécessaire pour généraliser ou rectifier nos modèles de gravabilité et de durées de réalisation à l'ensemble du massif de Fontainebleau. Cette recherche en deux temps – modélisation sur une seule source de matière première puis validation sur d'autres contextes – est essentielle à toute démarche expérimentale sur un matériau présentant une certaine diversité de faciès comme le grès.

Dans cet optique, l'outil de recherche expérimental du sillonCF (cf projet expérimental n°1 ci-dessus) nous paraissait être à même de servir d'unité de comparaison objective avec les données recueillies via le même protocole sur les blocs de Darvault. Pour constituer des traces avec les nouveaux gravoirs, le motif du quadrillage semblait le plus pertinent vis à vis de l'ensemble rupestre de Fontainebleau en plus de nous permettre de compléter et vérifier notre modèle de durées de réalisation à son sujet. Enfin, la sélection de parois verticales ou inclinées de cavités de type géodique correspondait à notre ambition de comparaison avec la grande majorité des abris gravés. Il s'agissait également du contexte offrant potentiellement les supports les plus éloignés des blocs (cf partie 1.B.1 p. 8).

Lors des trois premiers projets expérimentaux, la gestion des gravoirs était guidée par le souci d'établir des jalons de durées d'utilisation par matières premières. Cet objectif par ailleurs bien avancé¹⁰ est passé ici au second plan afin de privilégier l'enregistrement des traces par cavités testées. Ainsi, chaque nouvelle cavité abordée était associée à un lot de gravoirs lithiques spécifiques en silex noir et blond du Loing où des chaos (« cailles ») (fig 14 p.16). Chaque partie active d'outil est associée à une surface particulière et bien documentée au sein des géodes gravées.

10 Jalons établis jusqu'à 60 min d'utilisation pour des traces diagnostiques après 30 s de rainurage.

Partie 2 - Les outils méthodologiques d'une recherche exploratoire

L'ensemble de ce projet expérimental était bien sûr accompagné du souci éthique de supprimer nos gravures après enregistrement par martelage, bien que leur emplacement dans une carrière moderne les exclu de fait du corpus archéologique ancien.

Objectifs : - Tester la similitude des cortex friables des blocs avec ceux des abris.

- Vérifier la validité de notre modèle de gravabilité et de durées de réalisation sur parois d'abris.
- Produire un nouveau référentiel de traces d'usures sur d'autres contextes gréseux.
- Compléter le modèle des durées de réalisation des quadrillages du projet expérimental n°3.

Matériel : - Géodes de grès dans la carrière du *bois de l'abbesse* à Darvault

- Gravoirs lithiques en silex du Loing.

Déroulement : Réaliser systématiquement un sillonCF par nouvelle cavité testée. Compléter ensuite les gravures par des quadrillages.

Dénombrement des expériences : Trois géodes décrites en partie 1.B.2 p.10 ont été testées. Dans chacune d'elles, deux surfaces différentes étaient systématiquement définies. Ci-dessous se trouve un tableau récapitulant l'ensemble des gravures réalisées dessus :

Sillon type \ N°surface	53 (géode n°1)	54 (géode n°1)	55 (géode n°2)	56 (géode n°2)	57 (géode n°3)	58 (géode n°3)	TOTAL
sillonCF	1		1		2		4
quadrillage	2	1	1	1	2	1	8
TOTAL	3	1	2	1	4	1	12

Tableau 2 : Compte des gravures du projet expérimental n°4. A l'horizontale se trouvent les numéros des surfaces gravées (annexe 3 du vol.2), en vertical le type de gravure réalisé.

B) ARBap_experimentation_database : une base de données relationnelle comme outil d'enregistrement et d'analyse des expériences.

Une base de données relationnelle nommée « *ARBap_experimentation_database* » a été conçue sous le logiciel *Microsoft Access 2016* pour enregistrer de manière la plus exhaustive et rigoureuse possible les résultats expérimentaux et chacune des gravures réalisées. Chaque variable peut ainsi être analysée de manière systématique via différentes requêtes. Cette base permettra également aux acteurs du PCR amenés à utiliser les référentiels et résultats expérimentaux dans leurs recherches de trouver facilement les informations dont ils auront besoin.

Six tables structurent la base de données (l'annexe 1 du vol.2 détaille tous les attributs). Chaque enregistrement est illustré de photos. Une première table « support » a pour objet la description et l'enregistrement des supports expérimentaux utilisés. Après mention de leur origine, la morphométrie de chaque bloc y est décrite (forme, longueur, largeur, épaisseur). Une seconde table « surface » étroitement liée à la table support enregistre les surfaces gravables de chaque bloc. Forme, présence de croûtes (BIRC...), épaisseur et dureté du cortex friable y sont mentionnés. Du côté des outils de gravure, une table « gravoir » sauvegarde des informations générales : matière, provenance, type d'outil, morphométrie et dessin. Cette table est également étroitement liée à une quatrième nommée « zones d'usure » qui décrit spécifiquement les parties actives utilisées sur chaque outil en prévision du référentiel tracéologique : localisation de la partie active, angle du tranchant, type d'action, sens du geste, force appliquée, durée d'utilisation... La cinquième table est la plus développée puisqu'elle enregistre chaque gravure. Chaque entrée est associée à une surface et une partie active d'outil. Une trentaine d'attributs qu'on peut regrouper

selon les catégories suivantes la compose : type de motif, morphométrie (longueur, largeur, profondeur moyenne, minimale et maximale, profil...), méthode de rainurage et durées de réalisation. La figure 18 représente la structure relationnelle de notre base de données.

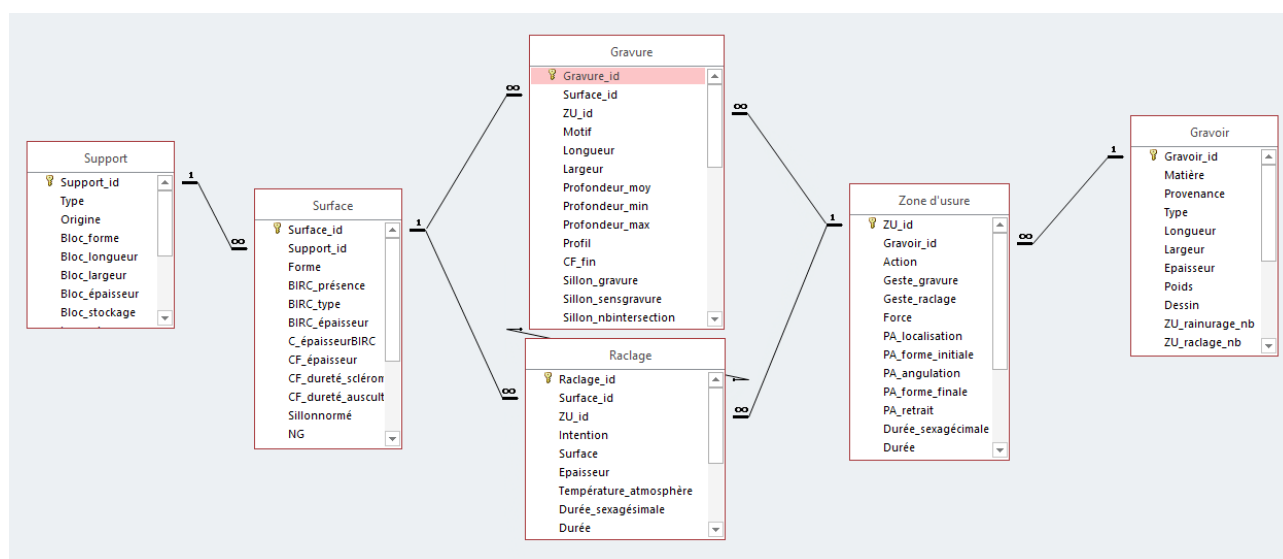


Fig 18 : Relations entre les tables de la base de données (issu du logiciel Access 2016)

C) La prise des mesures expérimentales

Les dimensions des supports expérimentaux et des gravoirs étaient prises à l'aide d'un mètre ruban pour les premiers, d'une règle graduée et d'un pied à coulisse électronique (précis à 0,1 mm près) pour les seconds. Une balance électronique (précise à 0,5 g près) était utilisée pour saisir le poids des gravoirs. Une fausse-équerre artisanale était utilisée pour apprécier l'angulation des tranchants lithiques.

Longueur et largeur des gravures étaient mesurées à l'aide d'une règle graduée et leur profondeur avec le pied à coulisse électronique. Leur durée de réalisation fut mesurée à l'aide d'un chronomètre électronique. Une documentation photographique exhaustive complète aussi chaque élément mesuré.

II - Caractériser la gravabilité du grès

Afin d'évaluer la gravabilité des cortex friables des grès, des méthodes inédites de mesure de dureté ont été développées avec la collaboration cruciale de Stéphanie Tournon et Milena Frouin du LRMH. La grande variabilité de ce paramètre au sein du grès impose en effet l'élaboration d'un moyen scientifique de caractérisation afin de construire un discours efficace sur les durées de réalisation des gravures (et à plus long terme sur les choix humains des cavités).

Cette variabilité de dureté est depuis longtemps connue des carriers via la célèbre appréciation d'homogénéité sonore « pif, paf, pouf » à l'impact de la roche. Ce test empirique qui fait « chanter » la roche était surtout utilisé pour évaluer des grès déjà durs ou indurés, le cortex friable des blocs ou platières exploitées étant systématiquement supprimé préalablement aux travaux de débitage (communication orale Francisco de Oliveira, dernier carrier actif à Moigny-sur-École, entreprise « les grès de Fontainebleau »). Outre son caractère subjectif, approximatif et destructeur, des tests

Partie 2 - Les outils méthodologiques d'une recherche exploratoire

de ce genre sur des grès à cortex friables les classeraient inévitablement dans la catégorie « pouf », qualité rejetée par les artisans modernes.

Gilles Tassé, premier auteur de travaux universitaires sur l'art rupestre de Fontainebleau, optait pour une appréciation à l'ongle par rayage sur les parois gravées (Tassé, 1982 ; 35) tout aussi subjective, approximative et destructive. Sa méthode envisageait même l'utilisation d'une pointe en fer pour appréhender les grès les plus indurés ! Même si l'information ainsi obtenue peut rendre compte d'une certaine réalité, elle reste inquantifiable et inutilisable pour l'appréhension fine de l'influence des duretés du grès sur les gravures. L'auteur précédemment cité en était conscient et appelait de ses vœux la constitution d'un instrument précis dédié à cette mesure (Tassé, 1982 ; 78).

Trente-cinq ans plus tard, nous sommes en capacité de proposer des méthodes plus objectives de mesure de dureté. Des deux que nous avons explorées (Cantin et Thiry, 2017), nous présenterons celle que nous avons finalement retenue pour caractériser les supports expérimentaux. En effet, l'approche sonique non-destructrice a provisoirement été mise de côté car son interprétation requiert désormais de nouveaux développements hors de notre portée (Cantin, 2018 ; 45). Tout ce cheminement ainsi que le détail des tests d'étalonnage des instruments sur le grès en carrière figurent dans notre mémoire de première année (*op.cit.*). Nous nous concentrerons ici sur les résultats concernant l'évaluation de la gravabilité des cortex friables via leur dureté au choc. Il faut garder à l'esprit que cette quantification permet simplement d'objectiver un jugement obligatoirement empirique pour le graveur. En effet, seul l'Homme est capable de définir à partir de quelle valeur de dureté une paroi peut être considérée ou non comme gravable.

A) Mesurer la dureté surfacique du grès en impactant sa surface

Le scléromètre ou *Schmidt hammer* est un instrument qui mesure la dureté surfacique d'un matériau par percussion, c'est-à-dire sa *dureté au choc* (R). Son principe réside dans l'analyse du comportement d'un marteau propulsé contre une surface.

L'utilisation du scléromètre s'est développée à partir des années 1930 pour mesurer la résistance de bétons armés. L'inventeur de l'outil capable de fournir ces premières mesures est Ernest Schmidt, ingénieur suisse qui lui donna son nom. Plus tard, l'utilisation du *Schmidt hammer* s'est élargie à la détection de zones de faiblesses dans les structures bétonnées, l'évaluation des processus de détérioration des bétons ou encore le contrôle de leur qualité.



Fig 19 : Scléromètre en cours d'armement pour une mesure de dureté au choc sur une paroi de grès gravable de carrière (photo : Médard Thiry).

II - Caractériser la gravabilité du grès

Existant sous différentes formes, le scléromètre modèle N s'avéra être l'instrument à disposition de Stéphanie Touron le plus adapté à nos besoins. Il s'agit d'un outil portable qui détermine la dureté au choc d'un matériau via la mesure du rebond d'un marteau impactant sa surface (fig 19). C'est aujourd'hui le modèle de *Schmidt hammer* le plus répandu par sa facilité et sa rapidité d'usage.

En effet, son emploi consiste à disposer l'instrument perpendiculairement à la surface puis à pousser la tige de percussion contre l'endroit à examiner. Peu avant que cette tige ne disparaisse dans le bâti, le coup de marteau se déclenche. On peut ensuite lire la valeur de dureté au choc (mesure du recul en pourcentage de l'avancée du marteau) via le repère d'une l'échelle graduée située sur l'appareil. L'instrument étant conçu pour fonctionner à l'horizontale, une correction de cette valeur doit être apportée si la surface appréhendée n'est pas verticale. Afin d'obtenir une valeur représentative de la dureté au choc du matériau testé, il est nécessaire de faire la moyenne d'au moins cinq mesures. Pourront être considérées comme aberrantes toutes les mesures qui diffèrent de la moyenne des autres de plus de cinq unités.

Le désavantage majeur de cet instrument réside dans son caractère destructeur puisque la percussion qu'il implique imprime une cupule non négligeable sur le cortex friable du grès. Son emploi sur les parois gravées est évidemment proscrit d'autant qu'il faudrait faire au moins cinq mesures, soit cinq cupules, pour obtenir une valeur de dureté cohérente. On peut néanmoins envisager l'utilisation de ce *Schmidt Hammer* sur les blocs et parois expérimentales ainsi que différents grès non gravés de carrière ou de chaos.

B) Cinq classes de gravabilités caractérisées par dureté au choc

1 – Mesures sur les blocs expérimentaux



Fig 20 : Installation des blocs pour leur percussion avec le scléromètre.

Partie 2 - Les outils méthodologiques d'une recherche exploratoire

Afin de documenter la dureté des cortex friables du corpus des blocs préalablement à leur gravure, nous les avons percutées au scléromètre durant une journée. A l'aide d'un établi pour porter les supports à hauteur d'homme, cinq coups de marteau furent portés sur chaque surface gravable selon un schéma constant (4 coups en retrait des quatre coins et un dernier au centre). Les blocs étaient calés avec des coins en bois contre deux parpaings encaissants l'énergie de recul (fig 20). Les moyennes de dureté au choc sont consultables par surfaces en annexe 3 du volume 2. Lors du projet expérimental n°4 (cf I.A.4 p.23), nous ne disposions malheureusement pas du scléromètre pour percuter les surfaces gréseuses des géodes. Cette absence ne porte cependant pas atteinte aux objectifs fixés.

2 - Vers la quantification de la gravabilité du grès

L'analyse des duretés au choc obtenues sur les blocs et sur de nombreux grès testés en carrière (Cantin, 2018 ; 44) permet de construire, via un jugement empirique sur leur gravabilité, les classes suivantes (tableau 3) :

<u>Classe</u>	<u>Intervalle de dureté au choc</u>	<u>Dureté du grès</u>	<u>Gravabilité</u>
1	[1-28]	friable	intense
2	[28-33]	moyennement friable	bonne
3	[33-38]	indurée	presque inexistante
4	[38-45]	dur	non
5	[45-55]	quartzite	non

Tableau 3 : Caractérisation de la gravabilité du grès selon 5 classes de dureté au choc.

Ces classes forment évidemment un continuum. Les surfaces expérimentales gravées des blocs des projets expérimentaux n°1 et 2 se répartissent au sein de ces classes de dureté de la manière suivante (fig 21) :

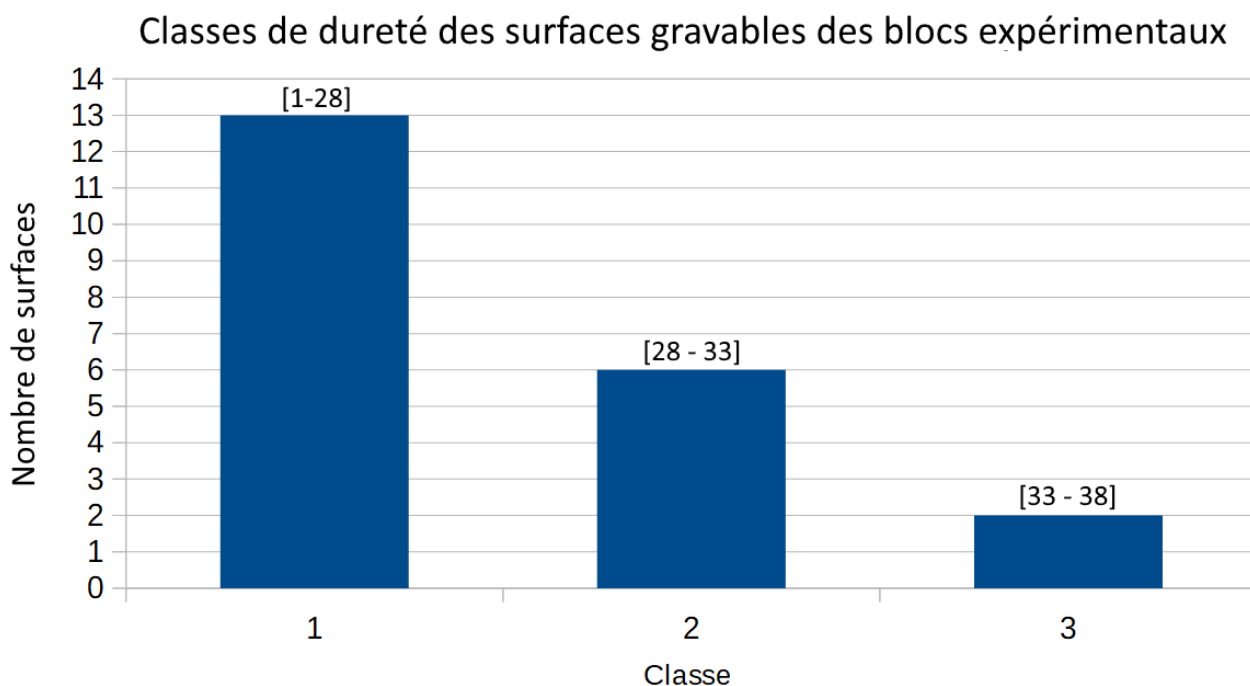


Fig 21 : Histogramme des classes de dureté des cortex friables gravés expérimentalement.



Surface n°7 gravée dans le cadre du projet expérimental n°1

Partie 3 - Résultats et enseignements expérimentaux



Quadrillages « resserrés » de l'abri des Canches 1 reproduits pour le projet expérimental n°3

Partie 3 - Résultats et enseignements expérimentaux

La présentation des résultats commencera par une première partie centrée sur les cortex friables. Nous y définirons plusieurs de leurs propriétés avant d'aborder les comportements et sensations qu'elles impliquent dans l'acte de graver. Dans une seconde partie, nous aborderons les tracés courbes sur le grès en repartant du corpus archéologique puis en discutant de leur faisabilité à l'outil lithique via des tests didactiques. Enfin, la troisième partie exposera nos recherches sur les durées de réalisation des sillons et quadrillages.

I - Ressentir le grès de la Préhistoire à nos jours : exploration des cortex friables par rainurage

A) Propriétés des cortex friables

Plusieurs propriétés des cortex friables ont pu être définies suite à leur observation et leur exploration par rainurage. Comme abordé en partie 1.III, nous définissons le rainurage comme une action régulière de va-et-vient sur le grès avec un outil afin de creuser un sillon.

1- Cortex friable et grès dur : un gradient de dureté vertical

1.1 Une rupture nette avec le grès dur sous-jacent



Fig 22 : Interfaces cortex friable/grès dur sur blocs expérimentaux.

En plus des vues en coupes (fig 2, p.5), l'examen attentif des surfaces expérimentales gravables a permis d'observer à trois reprises des zones d'écaillage du cortex friable rendant

I - Ressentir le grès de la Préhistoire à nos jours : exploration des cortex friables par rainurage

visible son interface avec le grès dur (fig 22). Cette interface est à chaque fois très nette, la couche de grès dur sous-jacente étant d'une texture matte particulière et totalement ingravable au passage de l'outil.



Fig 23 : Exemple d'interface cortex friable/grès dur dans la géode de Prinvaux à Boigneville (91)

Une visite de la grande géode gravée de Prinvaux à Boigneville (91) a permis d'observer des interfaces cortex friable/grès dur via des écailllements similaires à ceux du corpus expérimental (fig 23) : la gravabilité des deux couches est ici toujours appréciable par leur texture et vérifiée par la présence ou l'absence de sillon gravés dessus. De nombreux autres exemples ont depuis été reconnus ailleurs.

1.2 Une friabilité graduelle au sein des cortex friables

Une première visualisation des 14 graphiques de sillonCF obtenus sur blocs et en géodes (voir partie 2.I.A.1 p.19 pour une définition de leur réalisation) montre clairement que les courbes de creusement sont d'allure logarithmique jusqu'à une limite supérieure variable d'une surface à l'autre (fig 24 et annexe 6 du vol.2 pour l'intégralité des données avec couverture photographique). Cette limite supérieure correspond à la profondeur à laquelle est rencontrée le grès dur ingravable. Elle renforce l'idée d'une rupture nette déjà donnée par l'observation.

Le caractère logarithmique de ces vitesses de creusement prouve l'existence d'un véritable gradient de friabilité au sein de chaque cortex. Cette propriété est renforcée par l'analyse de lames minces de cortex friables en coupe montrant une cimentation graduelle des grains de quartz entre eux (Médard Thiry, communication orale). Cette constatation n'enlève rien au caractère abrupt de la transition entre cortex friable et grès dur, un tel gradient étant seulement effectif à l'intérieur du cortex friable.

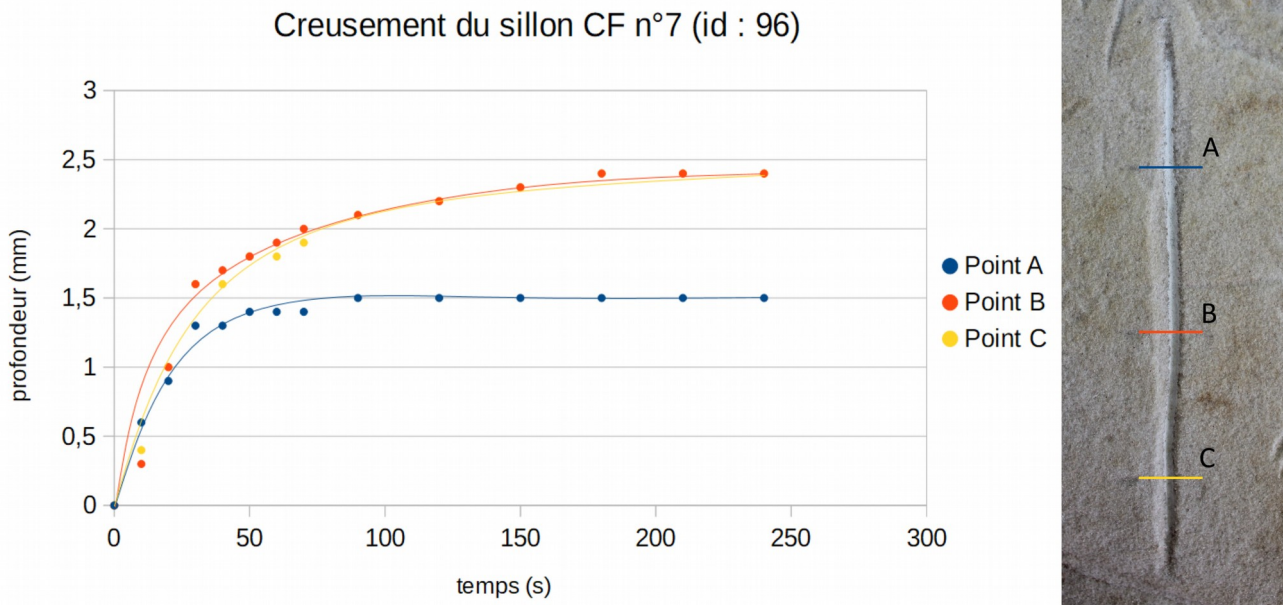


Fig 24 : A gauche, exemple de courbes d'allure logarithmique du sillonCF n°7 réalisé sur bloc. Leur tracé est manuel¹¹. A droite, photographie du sillonCF n°7 avec situation des points de mesure sur son tracé.

On peut toutefois noter que si certaines courbes présentent une allure logarithmique convaincante sur l'intégralité de leur tracé (sillonCF n°2, 4, 5, 7, 10 pour les blocs et n°11,12 et 14 pour les géodes : fig 25), d'autres en revanche sont plus linéaires dans une première phase avant de rejoindre une limite supérieure dont le pas redevient éventuellement logarithmique (sillonCF n°1, 3, 8, 9 pour les blocs et n°13 pour les géodes : fig 25). Ces différences semblent indépendantes de l'épaisseur et du contexte de formation du cortex friable (sur bloc ou en géodes, cf partie 1.I.B p.6). La signification de l'existence de ces deux types de courbes - très logarithmique où plutôt linéaire - nous échappe. Leur poids statistique respectif semble écarter un biais dans la prise des mesures.

Enfin, il faut noter que lors de la gravure des sillons ce gradient de dureté logarithmique n'est que peu sensible à la main. En effet, le graveur a plutôt l'impression d'inciser une couche friable constante jusqu'à atteindre un net ralentissement à l'approche du grès dur qui sera développé plus loin (cf I.B p.42).

¹¹ Les courbes tracées manuellement répondent au besoin d'un ajustement au plus proche des points lorsque la fonction logarithmique pure de l'ordinateur ne convient pas à ce rôle.

I - Ressentir le grès de la Préhistoire à nos jours : exploration des cortex friables par rainurage

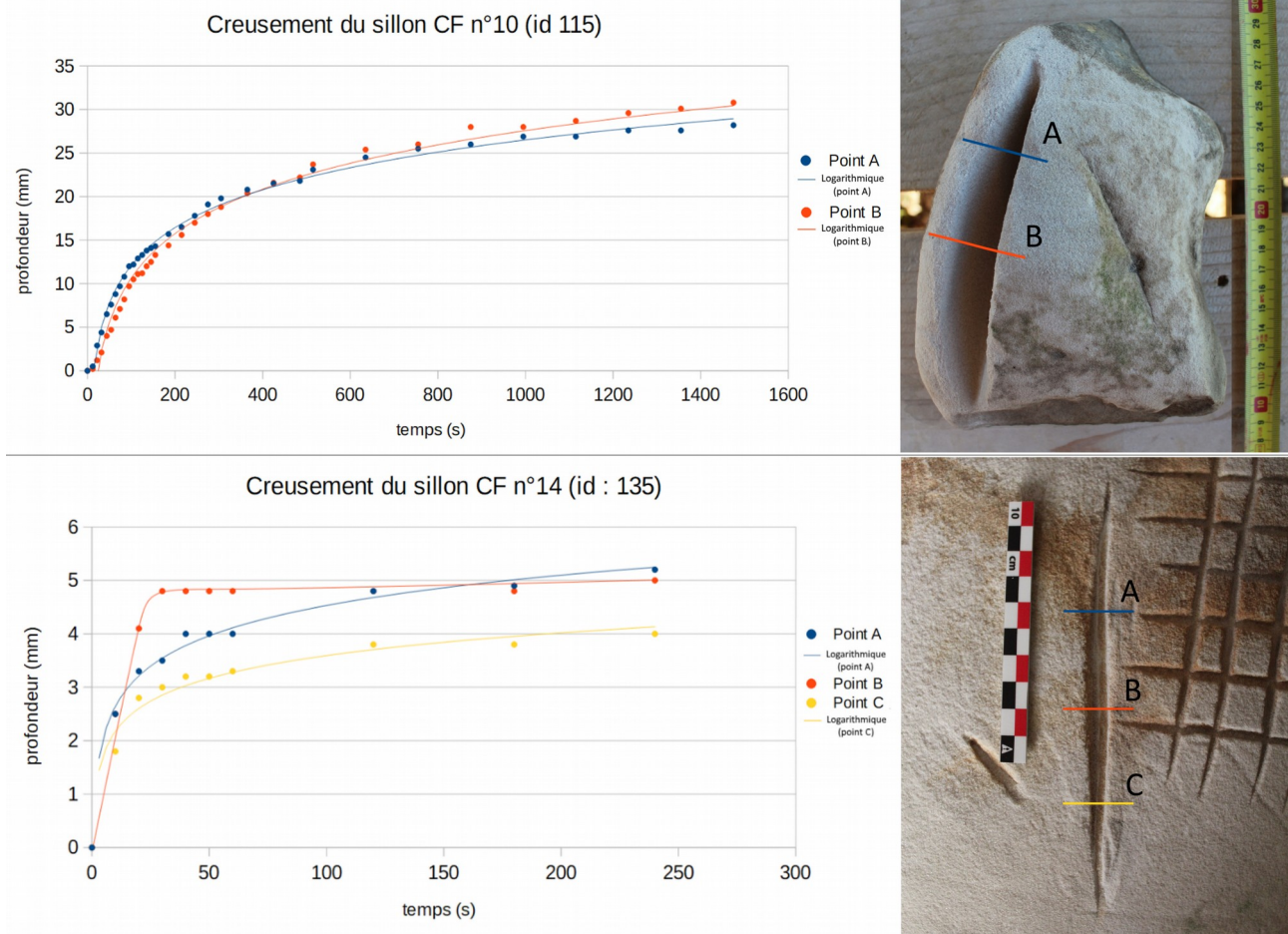


Fig 25 : Exemples de courbes logarithmiques « pures » (mathématiquement tracées par ordinateur) du sillonCF n°10 gravé dans le cortex friable très épais (supra-centimétrique) du bloc de Buno-Bonnevaux et du sillonCF n°14 de la géode n°3 de Darvault gravé dans un cortex friable d'épaisseur commune (infra-centimétrique) pour ses points B et C.

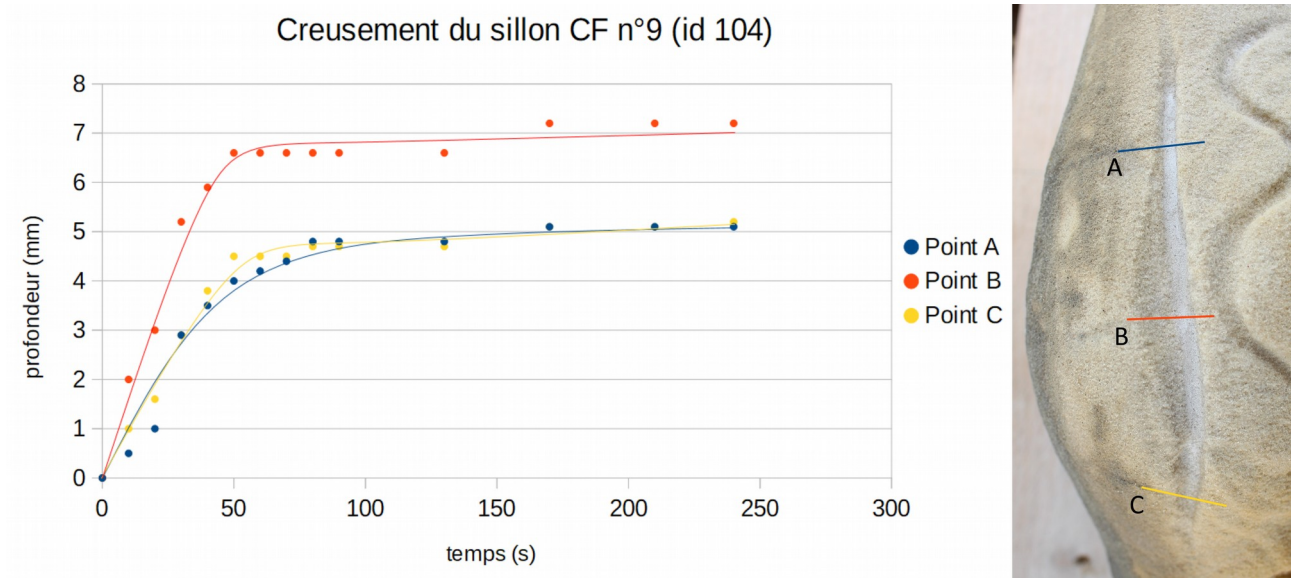


Fig 42 : Exemple de courbes d'allure logarithmique du sillonCF n°9 sur bloc tendant vers une première phase linéaire. Tracé manuel.

2 – L'épaisseur des cortex friables : une importante variabilité horizontale

En plus de la variable verticale du gradient de dureté, l'épaisseur des cortex friables varie entre surfaces gravables de blocs ou de cavités ainsi qu'au sein même de ces dernières. C'est cette variabilité, sensible après plusieurs expériences de gravure, qui nous incita à créer le protocole des sillonsCF.

2.1 Variabilité entre cortex friables

Comme mentionné en partie 1.I.B, chaque bloc ou cavité peut présenter une ou plusieurs surfaces gravables enregistrées dans notre protocole en autant de surfaces particulières possédant son propre cortex friable. La variabilité de l'épaisseur moyenne¹² de tous ces cortex peut être mise en évidence via l'histogramme suivant (tableau 4 et fig 18) :

Classe	épaisseur moy [mm]	nb de cortex sur bloc	nb de cortex en géode	TOTAL
1	[0 – 0,9]	4	0	4
2	[1 – 2]	6	0	6
3	[2 – 3]	4	1	5
4	[3 – 4]	2	1	3
5	[4 – 5]	2	1	3
6	[5 – 6]	0	0	0
7	[6 – 7]	2	0	2
8	[10 – 30]	1	3	4
TOTAL		21	6	27

Tableau 4 : Données brutes de l'histogramme de la figure n°27

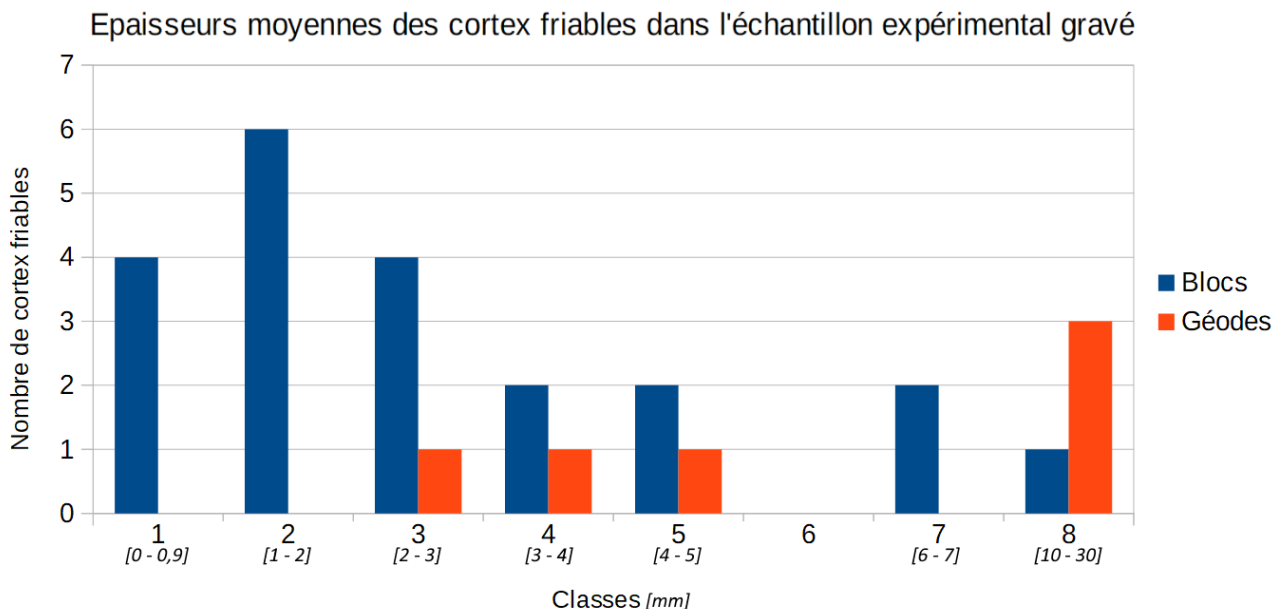


Fig 27 : Histogramme des classes d'épaisseur des cortex friables sur blocs et en géodes. Les intervalles en millimètres sont indiqués en-dessous de chaque numéro.

¹² Obtenue pour chaque surface gravable via la moyenne des profondeurs de toutes les gravures ayant atteint le grès dur de ladite surface. Environ cinq gravures par surface définissent l'épaisseur de son cortex friable.

I - Ressentir le grès de la Préhistoire à nos jours : exploration des cortex friables par rainurage

En excluant le cortex très épais (30 mm) de Buno-Bonnevaux, l'épaisseur moyenne des cortex des blocs de Darvault est de 2,5 mm (avec un minimum de 0,6 mm, un maximum de 6,5 mm et un écart moyen à la moyenne de 1,4 mm).

En ce qui concerne les cavités géodiques de Darvault, l'épaisseur moyenne des cortex est de 10 mm (avec un minimum de 3 mm, un maximum de 30 mm et un écart moyen à la moyenne de 6,6 mm). Il faut cependant relativiser ces données vu le faible effectif de surfaces testées de manière générale ainsi qu'au sein de chaque géode et notre choix clairement dirigé vers celles porteuses d'une texture de bonne friabilité. Ceci dit, nous pensons qu'en moyenne une différence avec les épaisseurs sur blocs existe bel et bien en raison de la fréquence plus importante des cortex épais à très épais (supra-centimétriques), ici au nombre de trois sur un total de six. Ces derniers contrastent nettement avec les trois autres surfaces de géodes abordées dont les épaisseurs (3,9 mm en moyenne ; 0,7 mm d'écart-moyen) sont comparables avec le spectre des blocs. Bien qu'une nouvelle étude approfondie et systématique serait souhaitable, nous estimons que ce sont ces cortex d'épaisseur infra-centimétrique qui reflètent le cas le plus courant en contexte géodique (nous reviendrons sur ce point en I.B.1 p. 42). La différence de seuil avec le groupe des cortex supra-centimétriques est ici bien reflétée par les 6,6 mm d'écart minimum à la moyenne.

2.2 Variabilité au sein de chaque cortex friable

a. Macrotopographie de l'interface du grès dur révélée par rainurage

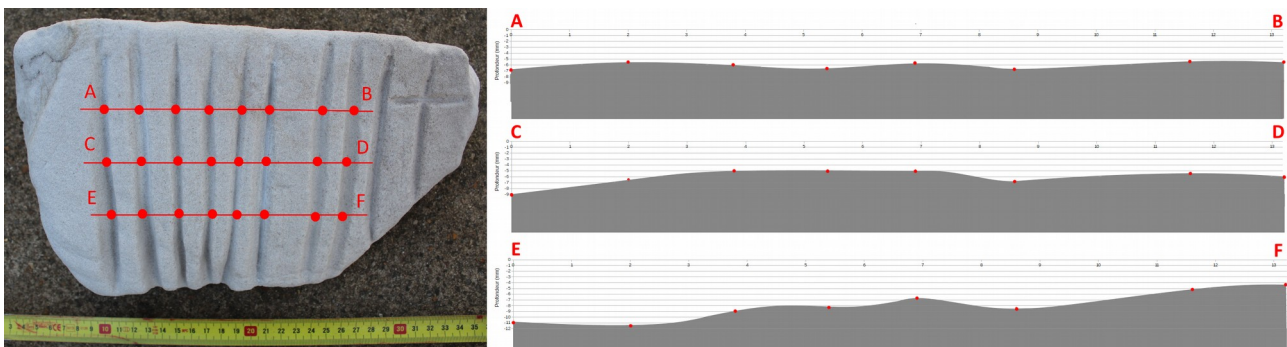


Fig 28 : Exemple de coupes « reconstituées » d'une surface gravée expérimentalement. La zone sombre représente le grès dur et la zone claire l'épaisseur du cortex friable. La distance entre deux barres horizontales correspond à 1 mm. Sur la coupe EF, 8 mm séparent le point le plus bas du plus haut.

En plus des différences d'épaisseur entre cortex friables, une seconde échelle de variabilité se développe au sein de chacun d'eux. Très vite appréhendée par la pratique, cette échelle de variabilité peut être mise en évidence par observation de coupes de cortex friables (fig 2 p.5) où via leur reconstitution. En effet, des coupes « reconstituées » ont été réalisées pour trois surfaces planes de blocs (Cantin, 2018 ; 57) à l'aide de la profondeur aux points [A,B,C] (situés à 4, 8 et 12 cm de l'extrémité haute des tracés) de séries parallèles de S15 ayant atteints le grès dur (voir fig 28). On remarque des profils de grès dur composés de multiples creux et crêtes.

Cette variabilité d'épaisseur intra-cortex a également été systématiquement constatée en cavité géodique. Il est possible de l'illustrer en comparant par exemple les sillons CF n°13 et 14, tous deux réalisés à 12 cm de distance sur une même surface de la géode n°3 (fig 29).

Partie 3 - Résultats et enseignements expérimentaux

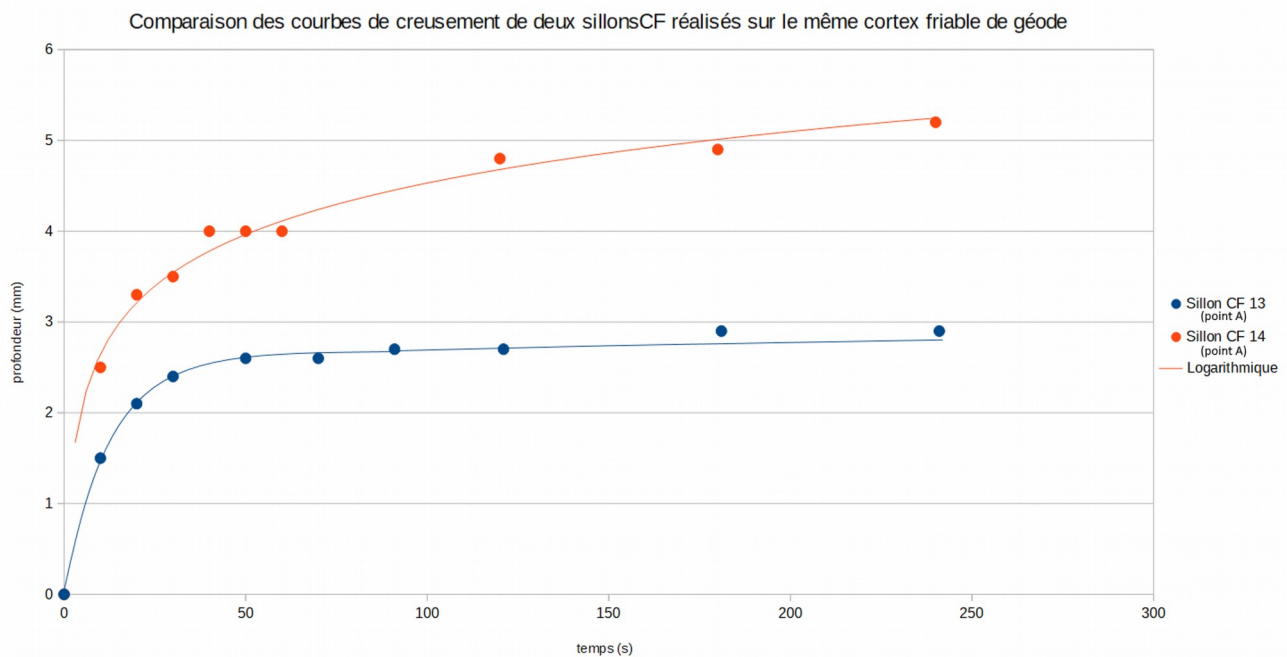


Fig 29 : Illustration de la variabilité d'épaisseur d'un cortex friable de cavité géodique (géode n°3, surface 57) via la différence de développement des courbes de creusement aux points A de deux sillonsCF (n°13 et 14) distants de 12 cm. En bas, situation des deux sillonsCF.

D'un point de vue plus général, l'analyse des données numériques montre que l'écart-moyen¹³ entre l'épaisseur maximale et minimale des cortex friables infra-centimétriques des 20 surfaces gravées sur bloc est de 1,7 mm (avec un minimum de 0,7 mm et un maximum de 4,3 mm). Cette valeur est de à 2,3 mm pour les trois cortex friables infra-centimétriques de géodes.

¹³ Obtenu pour chaque surface gravable via la moyenne de la différence entre les profondeurs maximales et minimales de ses gravures ayant atteint le grès dur. Environ cinq gravures par surface définissent cet écart-moyen.

I - Ressentir le grès de la Préhistoire à nos jours : exploration des cortex friables par rainurage

Pour les deux cortex supra-centimétriques explorés avec des sillons CF (épaisseurs moyennes de 30 mm dans les deux cas), l'écart-moyen monte soudainement à 10,6 mm pour le bloc de Buno-Bonnevaux (sillonCF n°10) et 10,4 mm pour une surface de la géode n°1 (sillonCF n°11). Il semble donc exister une **relation entre épaisseur du cortex friable et puissance des variations de son interface avec le grès dur.**

b. Microtopographie de l'interface du grès dur révélée par observation



Fig 30 : Écaillements de cortex friables dévoilant la microtopographie irrégulière de l'interface du grès dur. En haut, bloc expérimental. En bas, cavité géodique de la *pente de Courcelles 27* à Nanteau-sur-Essonne (91) (mire redessinée de 10 cm). L'écaille recoupe ici le milieu d'un sillon archéologique. On remarque les nombreux creux et bosses.

Partie 3 - Résultats et enseignements expérimentaux

L'examen direct de plusieurs écailllements de cortex friables expérimentaux et archéologiques révéla que l'interface du grès dur ainsi observable était encore plus irrégulière que soupçonné précédemment avec les coupes reconstituées de la figure 28 (fig 30).

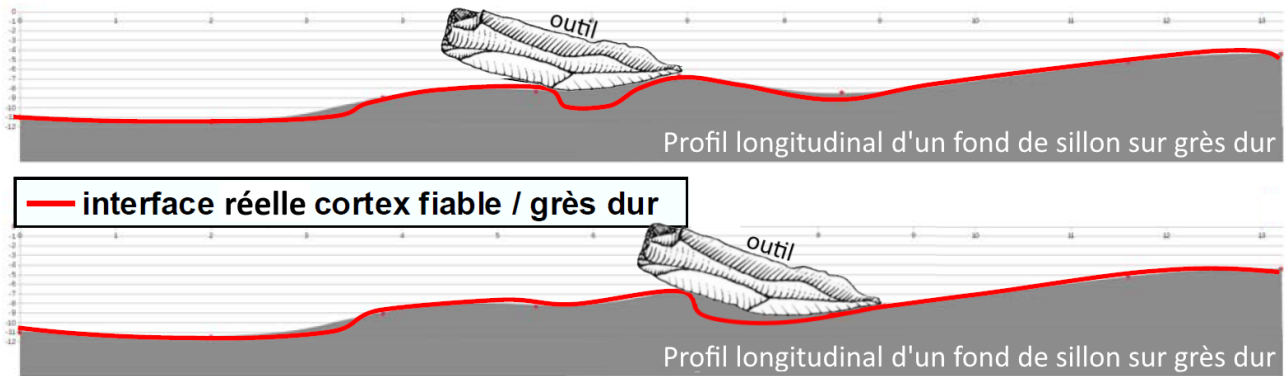


Fig 31 : Schéma illustrant l'effet de lissage produit par un gravoir lithique qui, par sa forme, n'atteint pas les creux de grès friable autour des crêtes de grès dur.

Cette irrégularité fine n'était pas sensible par rainurage car l'action combinée de parties actives rectilignes allongées (cas majoritaire des tranchants lithiques utilisés au Mésolithique, voir partie 1.II.A p.14) avec un mouvement de va-et-vient lisse systématiquement les fonds des sillons : dans la dynamique du creusement, l'outil passe « au-dessus » des creux les plus resserrés et autres profils pentus (fig 31). La reprise minutieuse de ces fonds avec un outil punctiforme permettrait de révéler ces irrégularités en les atteignant plus facilement. Une expérience sera prochainement réalisée en ce sens sur des sillons expérimentaux.

c. Implications géologiques et archéologiques

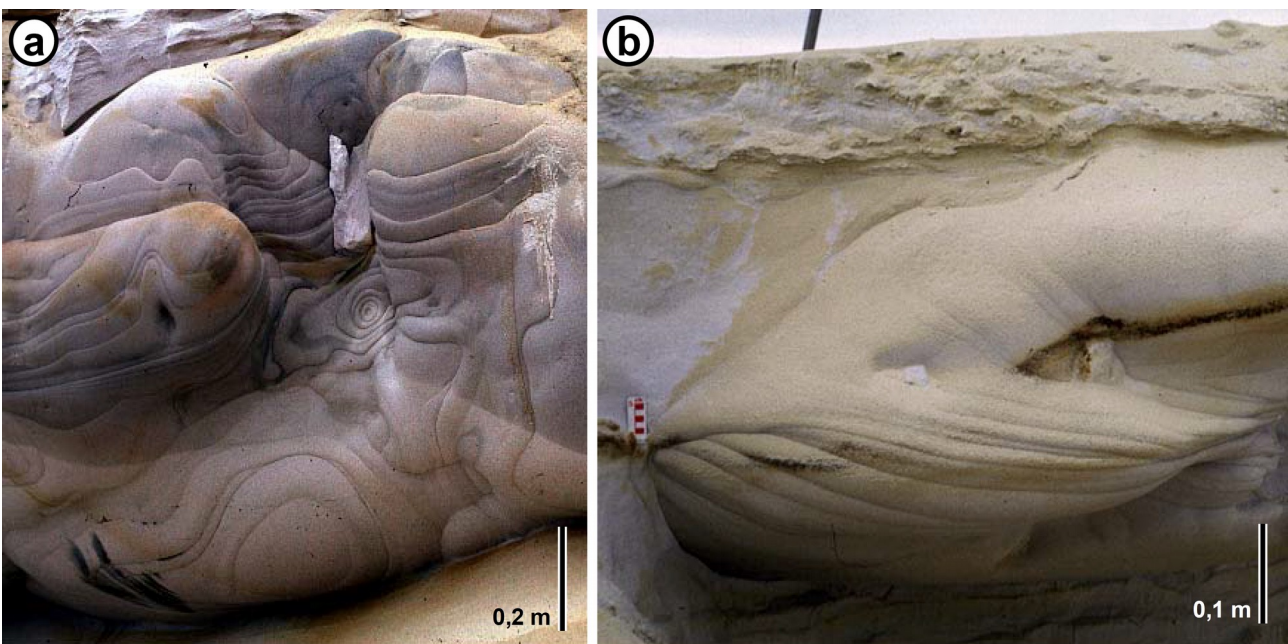


Fig 32 : Surfaces gréseuses botryoïdes ou en "pelures d'oignon" (photographies : Médard Thiry).

I - Ressentir le grès de la Préhistoire à nos jours : exploration des cortex friables par rainurage

D'un point de vue géologique, les variations d'épaisseur au sein de chaque cortex friable décrites ci-dessus sont à relier aux morphologies botryoïdes dessinant de multiples vagues et crêtes tant sur des surfaces gréseuses externes (fig 32) qu'internes (structures surtout visibles en lames minces et parfois sur cassure, fig 1 p.4). Ces dernières sont liées au processus de silicification de la roche par enveloppes successives (cf partie 1.I.A p.4). Il n'est donc pas surprenant de les retrouver au niveau de l'interface cortex friable/grès dur.

Finalement, l'existence de cortex friables de plusieurs millimètres d'épaisseur qui possèdent en plus une forte irrégularité interne pose problème pour la lecture des chronologies relatives via la profondeur des sillons. Les implications méthodologiques de cette découverte ont été développées en collaboration avec Eric Robert, Emilie Lesvignes et Lydia Zotkina au sein du PCR ARBap (Cantin et al., 2018).

3 – Plus c'est épais, plus c'est friable : vers une définition de la gravabilité du grès

3.1 Une corrélation épaisseur/dureté des cortex friables

La dernière propriété que nous souhaitons mettre évidence concerne une corrélation pressentie lors de la pratique entre l'épaisseur des cortex et leur dureté. En effet, les surfaces les plus friables au touché comme au gravoir se révélaient toujours porteuses des cortex les plus épais.

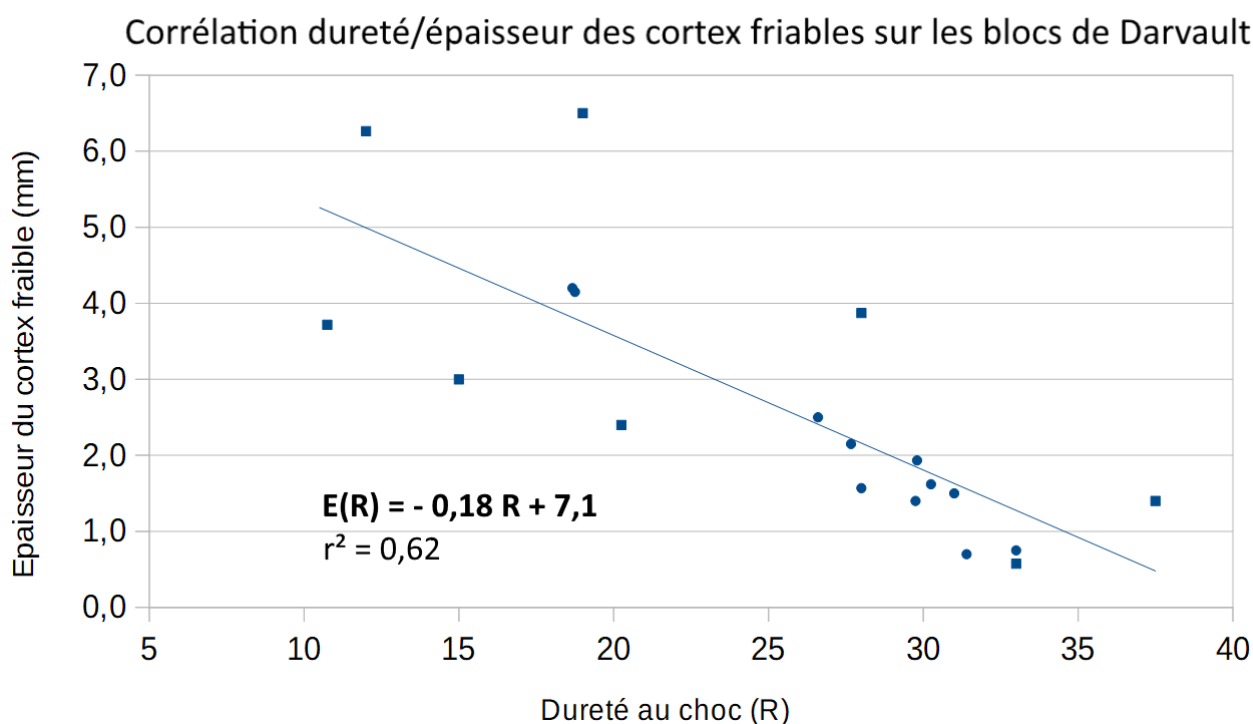


Fig 33 : Corrélation entre dureté au choc et épaisseur des cortex friables sur les blocs de Darvault.

La mise en parallèle des duretés au choc mesurées sur les surfaces gravables des blocs de Darvault avec les épaisseurs de leurs cortex friables confirme clairement leur corrélation (fig 33). Cette dernière gagnerait certainement en précision, notamment pour les premiers points, si les mesures du scléromètre pouvaient être affinées. En effet, nous avons la sensation que pour les cortex les plus friables de notre corpus - avec des duretés au choc en-dessous de 20 - l'instrument

était moins constant et captait difficilement leurs variations de dureté. Peut-être qu'un marteau moins puissant reportant l'intervalle [0-38] où se trouvent toutes les surfaces gravables (cf partie 2.II.B.2 p.28) sur une plus grande échelle donnerait de meilleurs résultats.

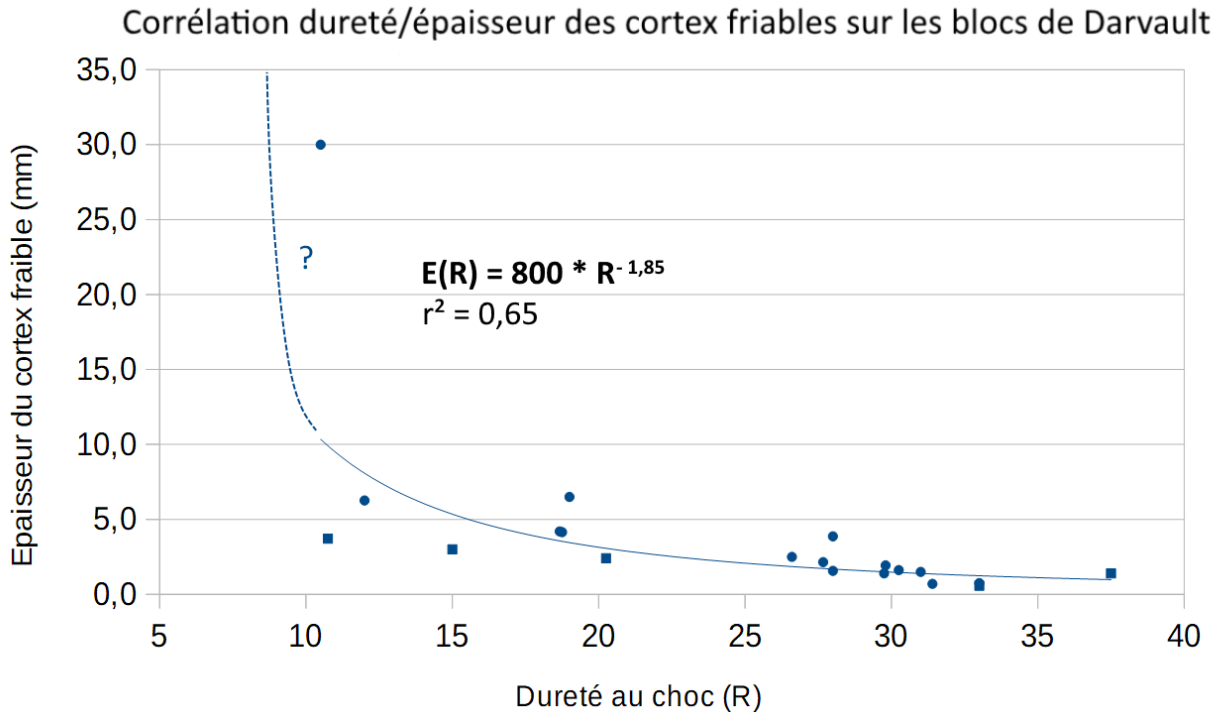


Fig 34 : Corrélation entre dureté au choc et épaisseur des cortex friables sur les blocs de Darvault en prenant en compte la valeur obtenue pour le cortex supra-centimétrique du bloc de Buno-Bonnevaux. La portion de courbe en pointillés, tracée manuellement, suggère l'allure de fonction puissance que pourrait revêtir cette loi.

Si l'on reconstruit le même graphique de corrélation dureté/épaisseur des cortex en ajoutant celui très épais (supra-centimétrique) de l'abri non gravé de Buno-Bonnevaux, l'allure du nuage de point semble changer (fig 34). Il suggère qu'autour d'une dureté au choc de 10, l'épaisseur d'un cortex friable peut être de 5 mm comme de 30 mm voir plus. Une corrélation prenant en compte plus de surfaces aux cortex friables supra-centimétriques pourrait ainsi ressembler à une fonction puissance assez abrupte autour de cette dureté au choc de 10. Un argument en faveur de cette hypothèse réside dans le coefficient de corrélation égale à 0,65 (indice fort) pour une courbe de tendance puissance contre seulement 0,33 (indice faible) pour une courbe de tendance linéaire concernant le nuage de point de la figure 34. De plus, si l'on transforme la droite de régression de la figure 33 en puissance, le coefficient de corrélation reste bon à 0,57.

Indirectement, la relation entre épaisseur et friabilité des cortex friables est également confirmée par le caractère logarithmique des courbes d'approfondissement des sillonsCF (cf I.A.1.2 p.31). En effet, les pentes les plus raides qui matérialisent les vitesses de creusement élevées caractérisent toujours les premières secondes de rainurage où les cortex sont encore épais. De manière plus générale et comme nous le verrons par la suite (cf III.A.1 p.51), la comparaison de tous les sillonsCF montre que les cortex les plus épais sont systématiquement ceux qui possèdent les vitesses de creusement les plus élevées qui s'atténuent ensuite de façon logarithmique jusqu'au grès dur.

I - Ressentir le grès de la Préhistoire à nos jours : exploration des cortex friables par rainurage

3.2 Nouvelle modélisation géologique des cortex friables

La découverte du rapport entre épaisseur et friabilité des cortex lors de notre M1 nous avait amené à émettre avec Médard Thiry une première modélisation fine de leur nature géologique (Cantin, 2018 ; 59). Surestimant l'implication que pouvait avoir le caractère abrupt de la seconde corrélation (fig 34) ainsi que l'impact physique du scléromètre sur les surfaces friables des cortex, cette dernière militait pour leur grande unité structurelle quel que soit leur épaisseur. Ce modèle appuyait ainsi notre sensation initiale d'homogénéité de toutes les surfaces gravables sur bloc au moment de leur gravure. Aujourd'hui, notre expérience grandissante avec le grès accompagnée de nos nouveaux résultats en géode rentrent désormais en contradiction avec ce que nous avons énoncé. Ils nous invitent à porter un nouveau regard sur nos données et à reconsidérer la relation épaisseur/friabilité de manière plus simple.

Ainsi, en rassemblant les évidences à notre disposition – corrélation dureté au choc/épaisseur des cortex ; vitesses de creusement élevées liées aux cortex les plus épais ; caractère logarithmique des creusements de sillons - on peut proposer le nouveau modèle développé ci-dessous. Dans un souci de compréhension, nous rappellerons auparavant au lecteur que la couche surfacique du grès qu'est le cortex friable correspond géologiquement au dernier épisode de silicification du sable à son contact par circulation d'eau.

(1) Au sein du cortex friable, la cimentation siliceuse des grains de quartz qui le compose est directement responsable de sa friabilité à la gravure. Cette cimentation est manifestement de plus en plus faible à mesure que l'on s'éloigne du grès dur. Énoncé de manière plus précise, **la cimentation des grains de quartz du cortex friable diminue de façon logarithmique lorsque la distance au grès dur augmente.**

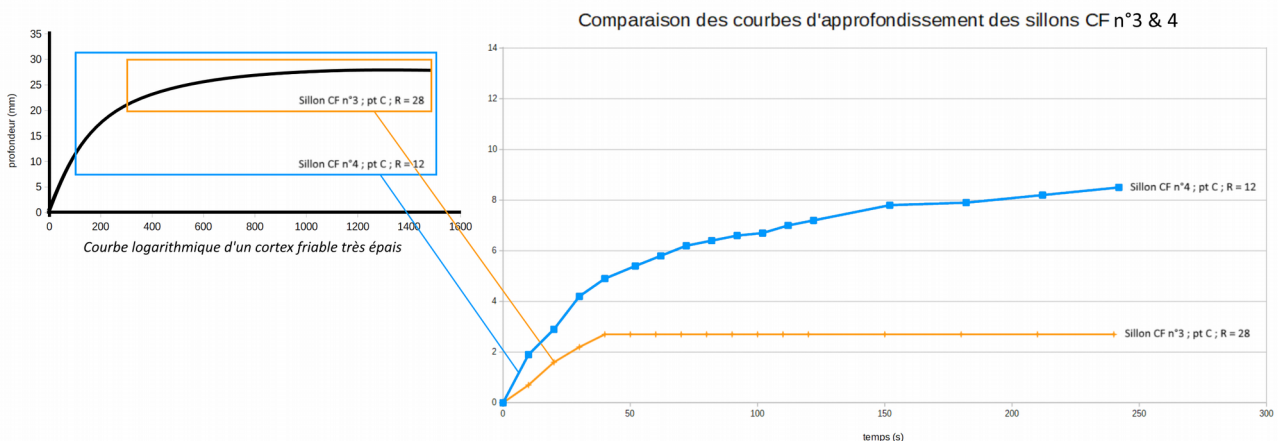


Fig 35 : Illustration de la différence de développement du gradient de friabilité des cortex friables en fonction de leur épaisseur avec les sillons CF n°3 (surface 5) et n°4 (surface 7) sur bloc. On peut les replacer sur une portion spécifique d'un gradient logarithmique idéal de cortex friable très épais. Il est possible d'exercer la même logique avec les sillons CF 13&14 de la même surface de géode (fig 29 p.36).

(2) **Le taux de cimentation des grains de quartz du cortex friable semble être fixe à une distance donnée du grès dur, peu importe l'épaisseur finale dudit cortex friable.** Selon cette proposition, la friabilité d'un cortex de 2 mm d'épaisseur sera la même que celle d'un cortex friable de 30 mm d'épaisseur lorsque le gravoir qui l'incise sera à 2 mm du grès dur. Cette seconde propriété, plus subtile, est supportée par les gradients logarithmiques toujours plus puissants et développés pris par les creusements de sillons CF lorsque l'épaisseur du cortex friable gravé augmente (le lecteur pourra pleinement s'en rendre compte en partie III.A.1 (p.51)). Cette constatation suggère que chaque courbe de

Partie 3 - Résultats et enseignements expérimentaux

creusement ne représente en fait qu'une portion d'un gradient de friabilité idéal caractérisant le cortex friable le plus épais pouvant exister (fig 35). En attente de nouvelles confirmations, cette conjecture ne peut avoir que le statut d'hypothèse de travail.

A cette étape de notre recherche, l'interprétation géologique de ce modèle nous échappe, en particulier la conservation du taux de cimentation des grains à une même distance du grès dur. Tout au plus pouvons-nous suggérer un lien avec les lois de précipitation et/ou migration de la silice au sein de la roche.

3.3 Définir la gravabilité du grès

Suite à cette première exploration des propriétés des cortex friables, nous pouvons proposer une nouvelle définition de la gravabilité du grès. (1) Est gravable par rainurage toute surface gréseuse porteuse d'un cortex friable. (2) Le degré de gravabilité d'un cortex friable dépend de son épaisseur qui renvoie à un gradient de friabilité interne qui y est proportionnée. Cette épaisseur peut être primaire et liée aux conditions de formation de la roche où secondaire via son érosion postérieure. Dans ce dernier cas, les cortex d'épaisseurs restreintes présentant une courbe de creusement peu développée pourraient représenter le sommet d'anciens gradients originellement plus fournis et complets, reliquats d'une épaisseur primaire plus grande.

Les deux caractéristiques intrinsèquement liées de friabilité et d'épaisseur des cortex friables interviendront forcément dans les critères de sélection des cavités par les graveurs. Au sein de ces dernières, ils auront certainement tendance à privilégier celles porteuses de cortex épais plus tendres et agréables à graver par leurs gradients de friabilité développés. Ces cortex épais présentent aussi l'avantage de moins contraindre la profondeur des sillons, offrant ainsi plus de liberté dans la réalisation de gravures (du quadrillage peu rainuré aux sillons naviformes, en passant éventuellement par le raclage de grès). Ce sont ces questions de profondeur des gravures que nous allons maintenant aborder.

B) Savoir quand arrêter sa gravure : discussion autour des conditions de gravure communes à tous les graveurs sur grès

Un graveur arrêtera sa gravure dans deux situations : (1) Il estime l'avoir suffisamment approfondie. (2) L'atteinte du grès dur sous-jacent l'empêche de continuer son rainurage. Nous verrons dans les sous-parties suivantes que ces deux situations (co)existent.

1 – Cas majoritaire de l'atteinte du grès dur sur cortex friables infra-centimétriques

Au sein de l'ensemble rupestre du sud de l'Île-de-France, il est probable que les gravures rainurées jusqu'au grès dur non gravable sous-jacent le cortex friable forment la majeure partie du corpus. Nous présenterons dans chacun des paragraphes suivants un argument en faveur de cette hypothèse.

(1) Les cortex friables infra-centimétriques sont facilement traversés par rainurage - en moins d'une minute pour un sillon de 15 cm (voir par exemple les figs 24 et 26 et l'annexe 5 du vol.2) - et la sensation d'atteinte du grès dur est très claire avec un gravoir lithique. En effet, le son produit par le rainurage, les vibrations transmises au poignet ainsi que la résistance du grès sous l'outil changent. Les graveurs préhistoriques devaient nécessairement être conscients de ces signaux empiriques obtenus après un court temps de gravure et annonçant l'impossibilité de l'approfondir davantage.

I - Ressentir le grès de la Préhistoire à nos jours : exploration des cortex friables par rainurage

(2) L'unique décompte des profondeurs moyennes de sillons archéologiques existant à ce jour a été réalisé par Gilles Tassé pour chaque gravure relevée dans le cadre de sa thèse (Tassé, 1982 ; 111). Ce dernier les a rangées en classes assez étendues, ce que nous pensons lié à la précision de ses instruments de mesure (mètre pliant en métal disposé sur le fond et au milieu du sillon observé). Son corpus est composé de 1652 gravures issues de 49 abris gravés de l'est du massif gréseux sud francilien, entre d'Huison Longueville (91) et Fontainebleau (77). Nous avons recompilé ces données brutes dans un tableau en y adjoignant les profondeurs moyennes de nos 116 gravures expérimentales systématiquement approfondies jusqu'au grès dur et rangées selon les mêmes classes de profondeurs (tableau 5) :

Classe	Intervalle de profondeur (mm)	Nombre de gravures archéologiques	Nombre de gravures expérimentales (profondeur moy)
1	[1 – 4]	1164 (70%)	85 (73%)
2	[5 –9]	348 (21%)	28 (24 %)
3	[10 –19]	106 (6%)	1 (1 %)
4	[20 et plus]	34 (2%)	2 (2 %)
TOTAL		1652 (100%)	116 (100%)

Tableau 5 : Décompte de gravures archéologiques (d'après Tassé, 1982 ; 111) et expérimentales selon les quatre classes de profondeurs moyennes de Gilles Tassé. Il s'agit des données brutes de l'histogramme de la figure 36

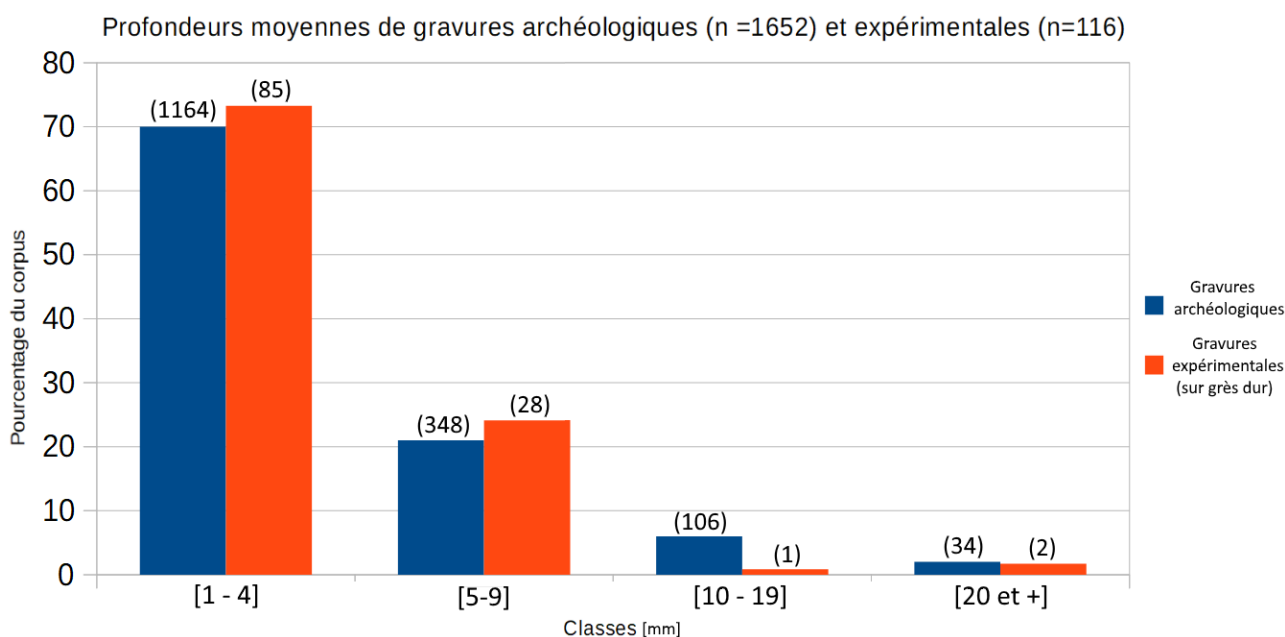


Fig 36 : Histogramme de répartition de gravures archéologiques et expérimentales approfondies jusqu'au grès dur au sein des quatre classes de profondeur moyenne de Gilles Tassé. Les intervalles de ces classes sont indiqués en abscisse. Au sommet des barres proportionnelles figure le nombre de gravures appartenant à la classe.

Lorsqu'on compare au sein de ces classes de profondeurs moyennes la répartition du corpus archéologique par rapport à celle du corpus expérimental reposant sur l'interface du grès dur, on remarque qu'elles coïncident en proportions (fig 36). Cette similitude tend donc à démontrer que la majorité des gravures archéologiques ont été rainurées jusqu'au grès dur sous-jacent le cortex friable. Les petites différences sont aisément explicables : d'une part la différence d'effectif dans les échantillons induit une marge d'incertitude et d'autre part l'absence de cortex friable supra-centimétriques sur les blocs de Darvault en crée un second en défaveur des classes hautes.

Partie 3 - Résultats et enseignements expérimentaux

(3) Une troisième vérification de notre hypothèse de départ peut être entreprise grâce à l'étendue des zones d'usures sur les faces des gravoirs mésolithiques analysés par Colas Guéret. Toujours dans l'esprit de notre second argument, ces étendues mesurées au millimètre près via un pied à coulisse renvoient à la profondeur maximale des gravures réalisées avec¹⁴ par les graveurs du VIII^e millénaire avant notre ère dans trois abris différents (Guéret et Bénard, 2017). On peut donc considérer que chaque zone d'usure a enregistré la profondeur maximale d'une gravure archéologique mésolithique rainurée par l'outil. Lorsqu'on range les 370 zones d'usure¹⁵ selon les classes de profondeur de Gilles Tassé dans un tableau en y adjoignant les profondeurs maximales de nos 116 gravures expérimentales systématiquement approfondies jusqu'au grès dur, nous obtenons le résultat suivant (tableau 6) :

Classe	Intervalle de profondeur (mm)	Nombre de gravures mésolithiques (via nb de ZU)	Nombre de gravures expérimentales (profondeur max)
1	[1 - 4]	191 (52%)	70 (61%)
2	[5 - 9]	110 (30%)	34 (30%)
3	[10 - 19]	59 (16%)	9 (8%)
4	[20 et plus]	10 (3%)	2 (2%)
TOTAL		370 (100%)	116 (100%)

Tableau 6 : Décompte de gravures mésolithiques (via l'étendue des zones d'usures mesurées par C. Guéret sur les gravoirs) et expérimentales selon les quatre classes de profondeurs (ici maximales) de Gilles Tassé. Il s'agit des données brutes de l'histogramme de la figure 37

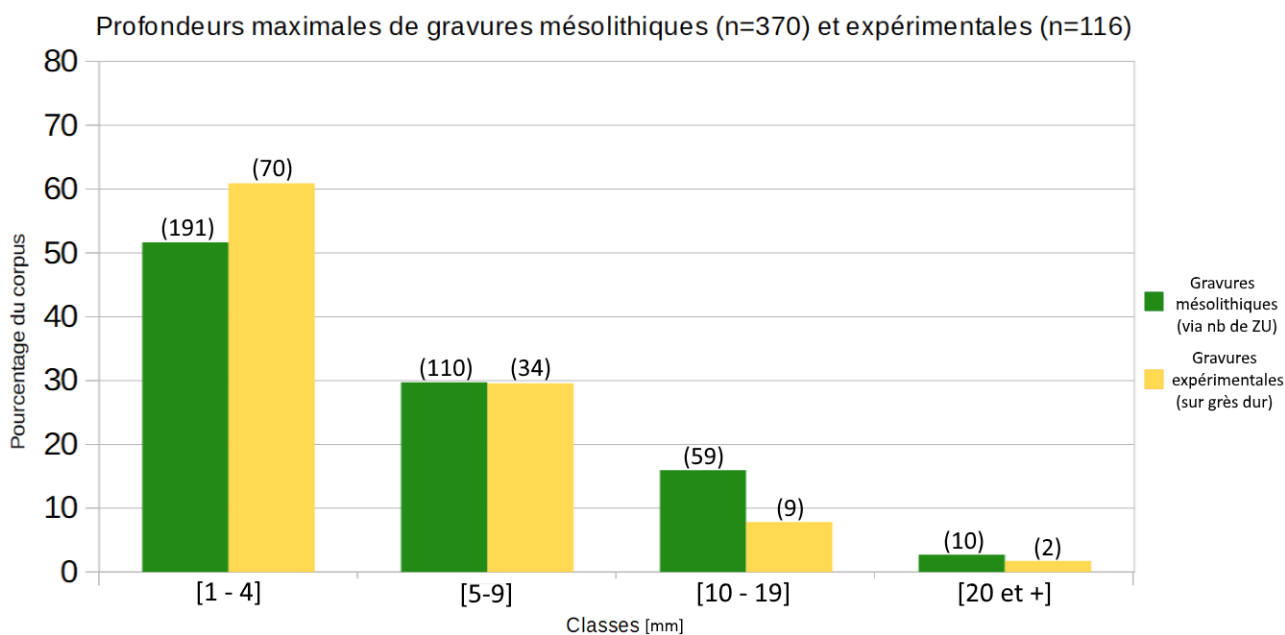


Fig 37 : Histogramme de répartition de gravures mésolithiques et expérimentales approfondies jusqu'au grès dur au sein des quatre classes de profondeurs ici maximales de Gilles Tassé.

Lorsqu'on compare au sein de ces classes de profondeurs maximales la répartition du corpus archéologique (via les zones d'usures sur gravoirs) par rapport à celle du corpus expérimental reposant sur l'interface du grès dur, on remarque qu'elles coïncident en proportions (fig 37). Il est normal que ces dernières soient différentes de celles établies avec les profondeurs moyennes (tableau 5 et fig 36) : l'enregistrement par profondeurs maximales crée obligatoirement un déficit sur les classes inférieures en faveur des classes supérieures. La similitude entre les deux corpus

14 La fiabilité de cette approche a été démontrée en collaboration avec Colas Guéret via une comparaison entre l'étendue des émoussés expérimentaux et la profondeur des gravures expérimentales (annexe 8 du vol.2).

15 Nous tenons à remercier Colas Guéret pour la communication de ces données.

I - Ressentir le grès de la Préhistoire à nos jours : exploration des cortex friables par rainurage

suggère une nouvelle fois que les gravures - ici spécifiquement mésolithiques – ont été incisées jusqu'à la rencontre du grès dur.

Les trois arguments développés ci-dessus sont selon nous suffisamment convergents pour valider notre hypothèse de départ : les gravures rainurées jusqu'au grès dur non gravable sous-jacent le cortex friable forment la majeure partie du corpus archéologique, mésolithique inclut. Sachant cela, les résultats de répartition dimensionnelle au sein des classes de profondeurs des figures 36 et 37 suggèrent donc qu'au moins 8 gravures archéologiques en cavité sur 10 sont gravés dans un cortex infra-centimétrique, confirmant ainsi notre intuition exposée en partie I.A.2.1 p.34. Les cortex friables d'épaisseur inférieure à 1 cm constituent donc les supports majoritaires de l'art rupestre de Fontainebleau.

2 – Sur la fiabilité d'une sensation empirique et structurante de gravure

Conformément au corpus archéologique, nous avons décidé de rainurer l'intégralité de nos gravures jusqu'à l'interface du grès dur, toute normalisation précise de leur profondeur par simple retenue du geste étant par ailleurs impossible à réaliser.

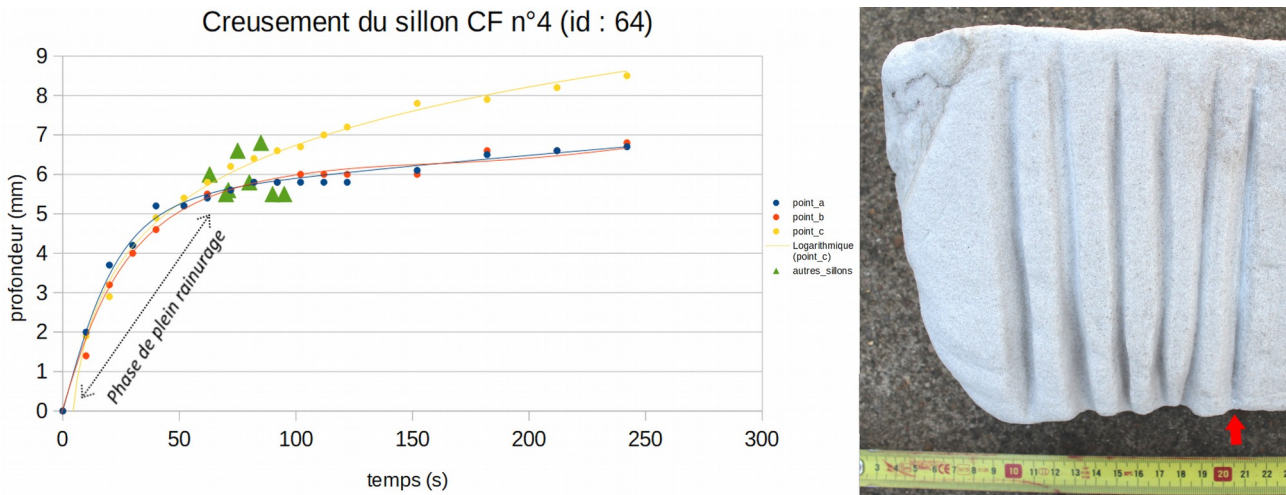


Fig 38 : A gauche, exemple de corrélation des durées de réalisations et profondeurs moyennes des sillons S15 (triangles verts) sur les courbes du sillonCF n°4 appartenant à la même surface. Courbe du point C tracé par ordinateur, celles des points A et B le sont manuellement. A droite, photographie du sillonCF n°4 (indiqué par une flèche rouge) précédé d'une série de sillons S15.

Or, la fiabilité de la sensation d'atteinte du grès dur précédemment décrite est objectivement vérifiable grâce aux sillonCF. En effet, lorsque nous juxtaposons les sillons S15 empiriquement arrêtés sur le grès dur (caractérisés par leurs durées de réalisation et leurs profondeurs moyennes) aux courbes de creusement des sillonCF appartenant aux mêmes surfaces, nous constatons qu'ils se situent toujours à la fin d'une phase de « plein rainurage » (fig 38, autres exemples en annexe 6 du vol.2). Par cette notion qui trace un parallèle avec celle de « plein débitage » en technologie lithique, nous entendons la période où la majorité de l'approfondissement d'un sillon se réalise suivant une vitesse de creusement maximale.

3 - Toutes les gravures archéologiques sont-elles rainurées jusqu'au grès dur ?

A cette question, il est possible de répondre par la négative. Nous présenterons ci-dessous deux cas où des graveurs peuvent et ont librement arrêté leurs gravures avant d'atteindre le grès dur.

3.1 Cas minoritaire des cortex supra-centimétriques



Fig 39 : Panneau du cervidé, *la Ségognole 5*, tiré du modèle 3D du PCR ARBap sous meshlab. On remarque la présence de sillons peu profonds à côté d'autres qui sont très creusés.

Le premier cas le plus évident concerne les panneaux gravés sur cortex friables très épais comme au *Closeau* (Nanteau-sur-Essonne) ou à *La Ségognole 5* (Noisy-sur-Ecole ; Robert et al., 2017 ; 197), tous deux supérieurs à 3 cm d'épaisseur, où des sillons très profonds jouxtent des sillons de profondeur plus commune avec plusieurs centimètres de différence (fig 39). Dans ces situations, il n'est semble-t-il pas envisageable d'imaginer une contrainte limitant la profondeur de ces sillons moins profonds.

Si de tel cas existent bien, il semble que les cortex friables supra-centimétriques soient plutôt sporadiques sur les 2000 cavités gravées. Cette hypothèse est d'une part confortée par un constat géologique général (communication orale Médard Thiry) et l'analyse de notre corpus expérimental sur bloc/cavités (cf I.A.2.1 p.34) ; d'autre part démontrée par l'analyse des profondeurs des gravures archéologiques développée ci-dessus en première sous-partie (p.42).

En plus de leur relative rareté, les cortex friables supra-centimétriques semblent limités à certaines zones seulement des cavités. On peut ainsi reprendre l'exemple de la *Ségognole 5* : le panneau au cortex friable très épais présenté par la figure 39 est situé au fond de la géode. Il contraste avec tous les autres dont celui du sol du même abri certainement plus réduit et ne comportant pas de sillons profonds (Robert et al., 2018 ; 177-195). Ce caractère plus ou moins isolé des cortex supra-centimétriques est confirmé par notre expérience au sein des géodes du projet expérimental n°4.

3.2 Choix culturels particuliers

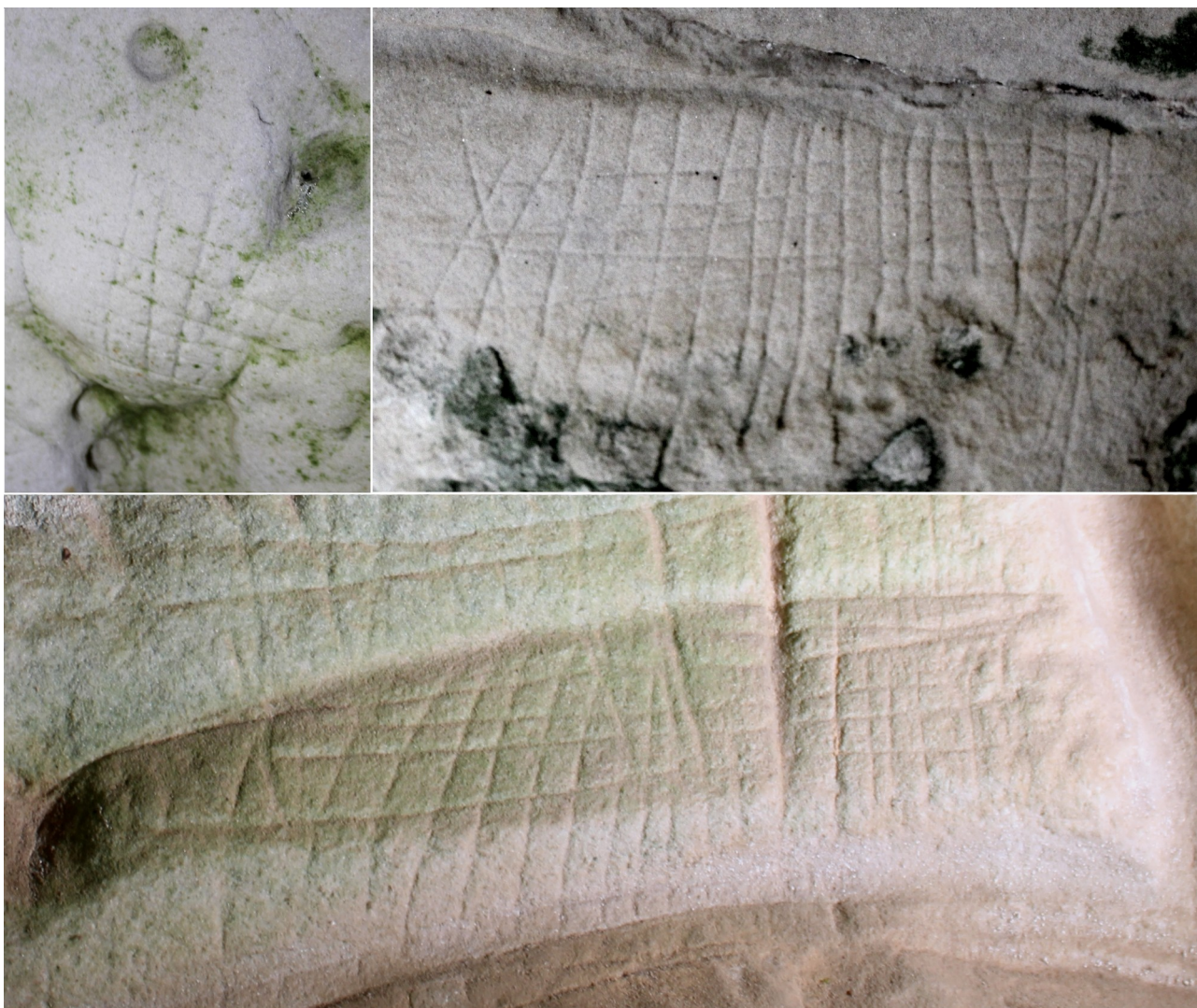


Fig 40 : Photographies de quadrillages peu incisés, certainement réalisés en un nombre restreint de passages. En haut, *Grotte de Prinvaux* (Boigneville) à gauche et *Les Béorlots* (Le Vaudoué) à droite. En bas, *Mailleton* (Malesherbes).

Certains choix culturels particuliers peuvent amener les graveurs à réaliser volontairement des tracés fins, même sur des cortex friables infra-centimétriques. En témoigne ces quelques cas minoritaires de quadrillages très légèrement rainurés adjacents des gravures plus profondes. Vu la profondeur infra-millimétrique de leurs sillons, ces quadrillages ont certainement été gravés par un nombre restreint de passages de l'outil (fig 40).

De même, certaines gravures protohistoriques courbes et figuratives de style HMM en forêt de Fontainebleau (Lebon et al., 2017) posent également question. Il semble pour certains cas que la réalisation de gravures fines (≈ 1 mm) sur des cortex friables infra-centimétriques communs - qui offrent donc un potentiel d'approfondissement certain - relève d'un choix stylistique. Une étude au sein du nouveau PCR sur ce corpus gravé dans des contextes gréseux particuliers (niches de blocs erratiques et blocs mobiles) nous permettrait d'éclairer cette question (Simonin et al., 2019).

Partie 3 - Résultats et enseignements expérimentaux

Pour conclure provisoirement, nous avons pu montrer dans cette partie I.B que la majorité des gravures classiques de l'ensemble rupestre du sud de l'Île-de-France a été rainurée dans des cortex friables infra-centimétriques jusqu'à l'interface non gravable du grès dur, véritable guide empirique de la gravure sur grès de la Préhistoire à nos jours. Néanmoins, il semble bien que certains graveurs s'en soient affranchis opportunément (cas des cortex friables très épais) et/ou volontairement (cas des quadrillages légers et de certaines gravures HMM par exemple). Ce guide ne se transforme donc en contrainte de réalisation que relativement au projet de gravure de chaque individu.

Après ces différentes explorations des cortex friables par rainurage, nous allons discuter dans la partie suivante de la faisabilité des tracés courbes sur le grès avec un gravoir lithique.

II - A propos de la rareté des tracés courbes : réelle contrainte de réalisation ou choix culturel ?

Comme mentionné en introduction de cette recherche, les tracés courbes ont été associés par Alain Bénard à un style dit « linéaire » uniquement réalisable avec des gravoirs métalliques, le graveur qui en serait dépourvu étant obligé de les réaliser par segments consécutifs clairement visibles (Bénard, 2014 ; 156). Or, de plus en plus de motifs composés de courbes homogènes sont rattachés à différentes cultures anciennes productrices d'une technologie lithique (du Paléolithique à l'âge du Bronze). Nous voulions donc éprouver cette proposition par de simples tests didactiques de tracés courbes, apportant ou non une preuve « par le fait » de son invalidité. Avant cela, nous évoquerons brièvement les motifs archéologiques composés de courbes attribués à la Préhistoire au sens large.

A) Des cas archéologiques avérés



Fig 41 : A gauche, photographie du Cheval de *La Ségognole 3* (crédit photographique : Emilie Lesvignes). A droite, relevé par Stéphane Pétrognani et Eric Robert (Pétrognani et Robert, 2018).

Si jusqu'à récemment l'existence du cheval paléolithique de *la Ségognole 3* à Noisy-sur-École (fig 41) pouvait être expliquée par la gravure d'une croûte silicifiée autorisant localement les tracés courbes par fluage (Bénard, 2010), cette thèse a dernièrement été remise en question (Thiry, 2017a).

II - A propos de la rareté des tracés courbes : réelle contrainte de réalisation ou choix culturel ?



Fig 42 : A gauche, photographie de l'auroch du *Terrier au renard* (crédit photographique : Emilie Lesvignes). A droite, relevé par le GERSAR (tiré de Bénard et Valois, 2014), échelle en centimètres.

De plus, la découverte récente en 2013/2014 d'une seconde figure paléolithique gravée représentant un aurochs sur une paroi gréseuse « classique » au *Terrier au renard 12* de Buno-Bonnevaux (91) et composé, malgré un aspect massif, de courbes au niveau de la bosse cervico-dorsale et de la tête (fig 42), pose à nouveau la question de leur faisabilité à l'outil lithique.

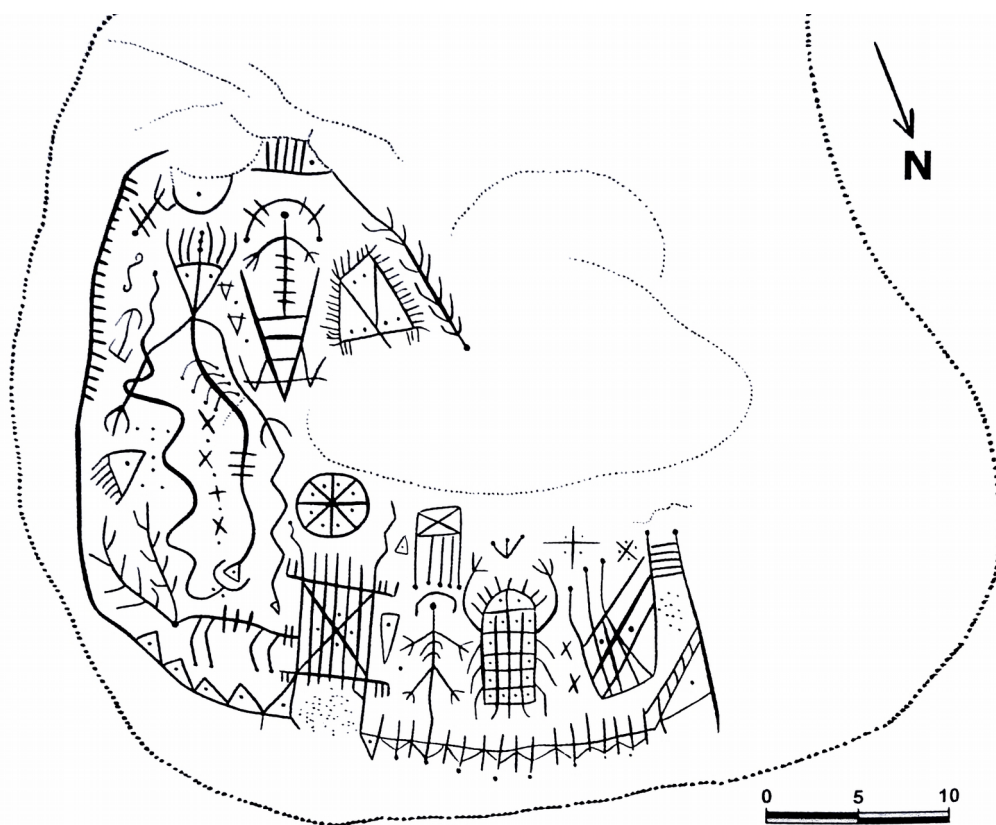


Fig 43 : Relevé d'un panneau de style Haut-Mont-Malmontagne issu de l'abri *Rocher Fourceau 4* à Fontainebleau par Laurent Valois (Valois, 2018).

Plus récemment encore, la découverte d'un tout nouveau style de gravures rattaché à l'âge du Bronze final (dit style « HMM », Lebon et al., 2017), toujours réalisé avec des gravoirs lithiques (Lebon et al., 2018 ; 70) et où la courbe est fréquemment utilisée (fig 43) apporte un autre contre-exemple.

B) Tests didactiques sur le grès



Fig 44 : En haut, exemple de tracés courbes sur la surface n°50 ; profondeur moyenne des gravures : 2,5 mm. En bas, représentation animale ; hauteur : 20 cm environ ; profondeur des gravures : 2 mm.

Le projet expérimental n°2 visant à réaliser des tests didactiques de tracés courbes a été mené sur différentes surfaces gravables à cortex infra-centimétriques réservées à cet effet. Ces dernières nous ont permises de graver des sillons courbes fins comme profonds avec un gravoir en silex sans difficultés particulières (fig 44).

II - A propos de la rareté des tracés courbes : réelle contrainte de réalisation ou choix culturel ?

La rareté des tracés courbes au sein de l'ensemble rupestre sud francilien relève donc bien d'un choix culturel. Leur réalisation ne pose pas de difficultés particulières si ce n'est une nécessaire minutie supplémentaire. En effet, les tracés courbes mettent en jeu une variante du rainurage classique : à l'inverse du sillon rectiligne, le sillon courbe désiré doit d'abord être ébauché par un léger trait jouant le rôle de « rainure guide » qui assurera son creusement à l'aide d'un mouvement initialement unidirectionnel. Nous développerons ces aspects techniques et ce qu'ils impliquent en détail dans nos travaux ultérieurs.

III - Durées de réalisation des unités élémentaires de l'art rupestre sud francilien : sillons et quadrillages

Nous allons maintenant aborder le cœur des résultats des projets expérimentaux n°1, 4 et 3 relatifs aux durées de réalisation des sillons et quadrillages. Nous commencerons par nous intéresser au cas des sillons en évaluant l'influence de la gravabilité des cortex friables via leurs variables de dureté et d'épaisseur (cf I.A.3.3 p.42 pour une définition détaillée de la gravabilité du grès). Cette analyse portera d'abord sur le corpus des blocs (projet expérimental n°1) avant d'être confrontée aux résultats obtenus en cavités (projet expérimental n°4). Nous regarderons ensuite l'impact de la longueur des sillons sur leurs durées de réalisations. A l'issue de ce raisonnement, nous proposerons un outil général d'estimation des durées des sillons archéologiques.

Nous terminerons cette partie en élaborant un autre outil d'estimation minimum des durées de réalisation des quadrillages archéologiques.

A) Le sillon rectiligne gravé à l'outil lithique

1 - Influence de la gravabilité des cortex friables

1.1 Apport du projet expérimental n°1 : modélisation sur cortex infra-centimétriques

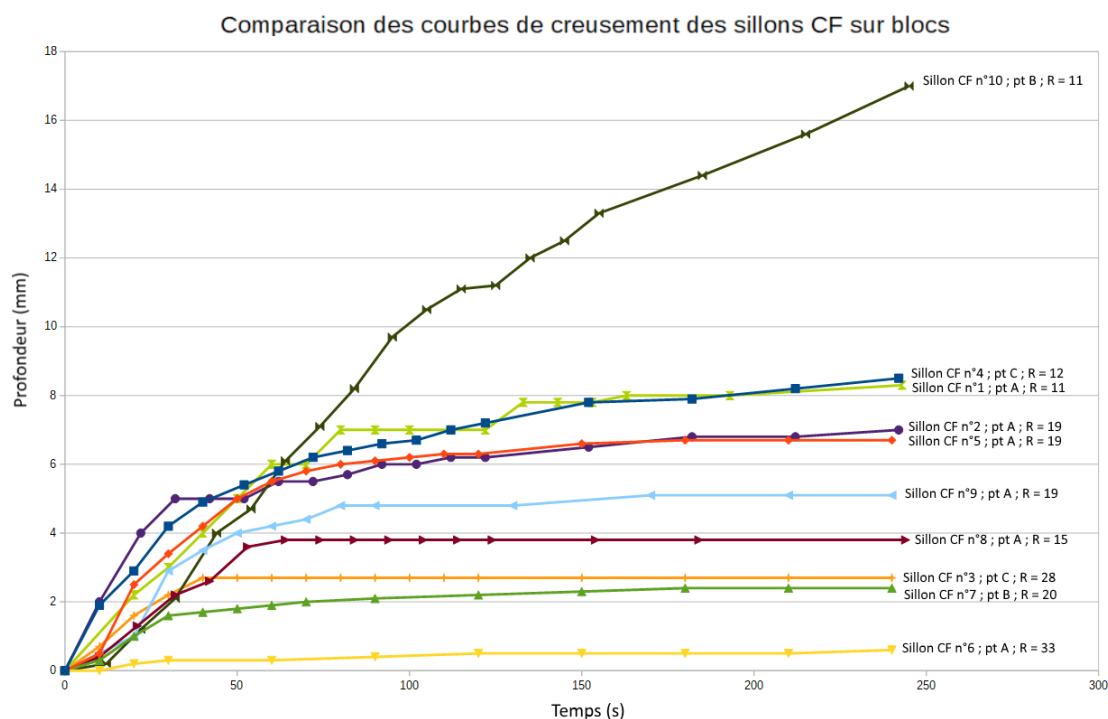


Fig 45 : Comparaison des dix sillonCF du projet expérimental n°1 sur blocs. Les points des courbes sont reliés automatiquement. Les duretés au choc (R) sont précisées à chaque extrémité.

Partie 3 - Résultats et enseignements expérimentaux

Afin de connaître l'influence de la gravabilité des cortex friables sur les durées de gravure des sillons rectilignes, nous avons superposé dans de notre M1 les courbes de creusement des dix sillonsCF sur un seul graphique pour visualiser leurs différentes vitesses de creusement (fig 45). Les courbes des points A, B ou C étant généralement similaires pour chaque sillonCF (annexe 6 du vol.2), chacun d'entre eux a été représenté par celle qui nous semblait la plus développée et précise dans ses mesures. Ce choix est à chaque fois précisé sur la figure 45 en extrémité de courbe avec la dureté au choc de la surface du sillonCF correspondant. Nous résumerons ci-dessous les éléments d'analyse que nous retenons de notre M1 (Cantin, 2018 ; 72-75) avant de l'enrichir avec les résultats du projet expérimental n°4.

En premier lieu, nous remarquons que le classement des sillons CF par leur limite haute d'atteinte du grès dur - c'est à dire par l'épaisseur maximale de leur cortex friable - correspond bien à leur classement par dureté au choc. Cette constatation est conforme à la corrélation épaisseur/dureté au choc des cortex friables démontrée en I.A.3.1 (p.39).

Si l'on considère maintenant les pentes des courbes elles-mêmes, c'est-à-dire les vitesses de creusement de « plein rainurage »¹⁶ de chaque sillonCF avant qu'elles ne soient ralenties par la proximité de l'interface du grès dur, nous remarquons qu'elles se situent toutes dans un intervalle restreint équivalent à 30 secondes. Cela signifie qu'à profondeur égale, un graveur mettra un temps donné plus ou moins 30 secondes pour réaliser un sillon de 15 cm sur n'importe quel cortex friable infra-centimétrique, quelle que soit sa gravabilité et si son épaisseur l'autorise. Ainsi et pour donner un exemple concret sur la figure 45, il mettra toujours entre 20 et 50 secondes pour rainurer un sillon jusqu'à 4 mm de profondeur, peu importe la surface gravable considérée. Bien que présentant une vitesse de creusement parmi les plus élevées, le sillonCF n°10 correspondant au cortex très épais de Buno-Bonnevau ne se détache pas sensiblement des autres courbes. Nous reviendrons sur son cas dans la prochaine sous-partie.

Si cet intervalle de 30 secondes paraît négligeable pour un sillon de 15 cm, il faudra le multiplier par autant de sillons que comporte un motif composé, résultant en des différences pouvant se chiffrer en dizaines de minutes de temps de gravure entre les deux extrêmes du spectre de gravabilité. Nous reviendrons sur ce point à propos des quadrillages en partie III.B (p.61).

Malgré la concentration de toutes les courbes de sillonCF dans l'intervalle de 30 s décrit ci-dessus, on peut tout de même essayer de les classer par leur vitesse de plein rainurage. Nous arrivons ainsi à distinguer trois principaux groupes ordonnés par célérité relative : le premier est composé des sillonsCF n°2 et 4 ; le second par les sillonsCF n°5, 1 et 9 ; le troisième par les sillonsCF n°3, 10, 8 et 7, le n°6 possédant un cortex friable presque inexistant et isolé. Or, si l'on regarde les valeurs de dureté au choc au sein de chaque groupe, on constate qu'elles ne sont pas bien corrélées au classement des groupes entre eux : on retrouve ainsi dans le groupe 1 (en respectant l'ordre d'énonciation des sillonsCF figurant plus haut) des duretés au choc de 19 et 12 ; dans le second des valeurs de 19, 11 et 19 et dans le troisième des duretés de 28, 11 15 et 20. Seules leurs moyennes relatives permettent de les réordonner tels qu'ils apparaissent sur le graphique : le premier groupe possède une dureté moyenne de 15, le second de 16 et le troisième de 18. Il faut cependant être conscient que la valeur statistique de cette comparaison est réduite et doit donc être prise à titre indicatif. L'utilisation d'un scléromètre au marteau moins puissant aurait certainement rendu mieux compte de ces petites disparités.

¹⁶ Nous rappelons ici la définition de cette notion de « plein rainurage » proposée en I.B.2 : période où la majorité de l'approfondissement d'un sillon se réalise suivant une vitesse de creusement maximale.

III - Durées de réalisation des unités élémentaires de l'art rupestre sud francilien :

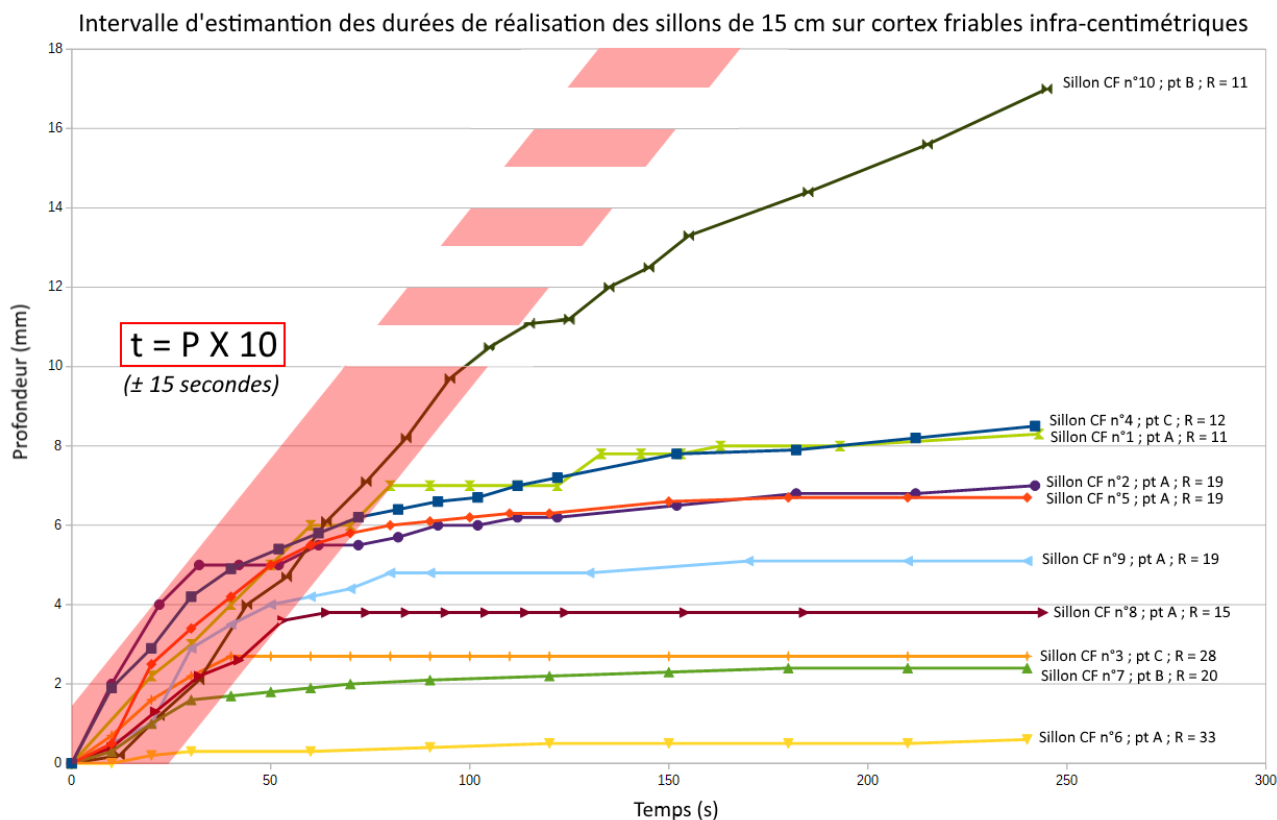


Fig 46 : Intervalle d'estimation des durées de réalisation des sillons de 15 cm sur cortex friables infra-centimétriques. L'équation médiane de l'intervalle rouge est $t = P \times 10$ où « t » est le temps de réalisation en secondes et P la profondeur moyenne du sillon en millimètres. Il faut rajouter un intervalle d'incertitude de 15 secondes au résultat pour couvrir tout le spectre des gradients de friabilité des cortex friables envisageables.

Sachant qu'un graveur arrêtera naturellement son sillon par sensation d'atteinte du grès dur au bout de la pente de plein rainurage du cortex friable qu'il grave (cf I.B.2 p.45), notre analyse de première année se concluait par la construction d'une première fonction linéaire capable d'estimer la durée de réalisation de n'importe quel sillon archéologique de 15 cm de long pourvu qu'on en connaisse la profondeur moyenne. Pour y arriver, nous avons tracé sur la figure 45 la médiane d'un faisceau couvrant tous les creusements possibles des sillons CF (fig 46). Sa largeur correspond à notre intervalle de 30 secondes.

Cet outil d'estimation fonctionne de façon fiable uniquement pour les cortex friables infra-centimétriques majoritaires dans le corpus rupestre de Fontainebleau (cf I.B.1 p.42). En effet, nous verrons dans la prochaine sous-partie que si les résultats en géodes confirment la pertinence de ce premier outil d'estimation pour les cortex infra-centimétriques, il est nécessaire d'en construire un nouveau spécifiquement dédié aux cortex supra-centimétriques très friables que l'on rencontre parfois en cavité (cf I.B.3.1 p.46).

1.2 Apport du projet expérimental n°4 : modélisation sur cortex friables supra-centimétriques

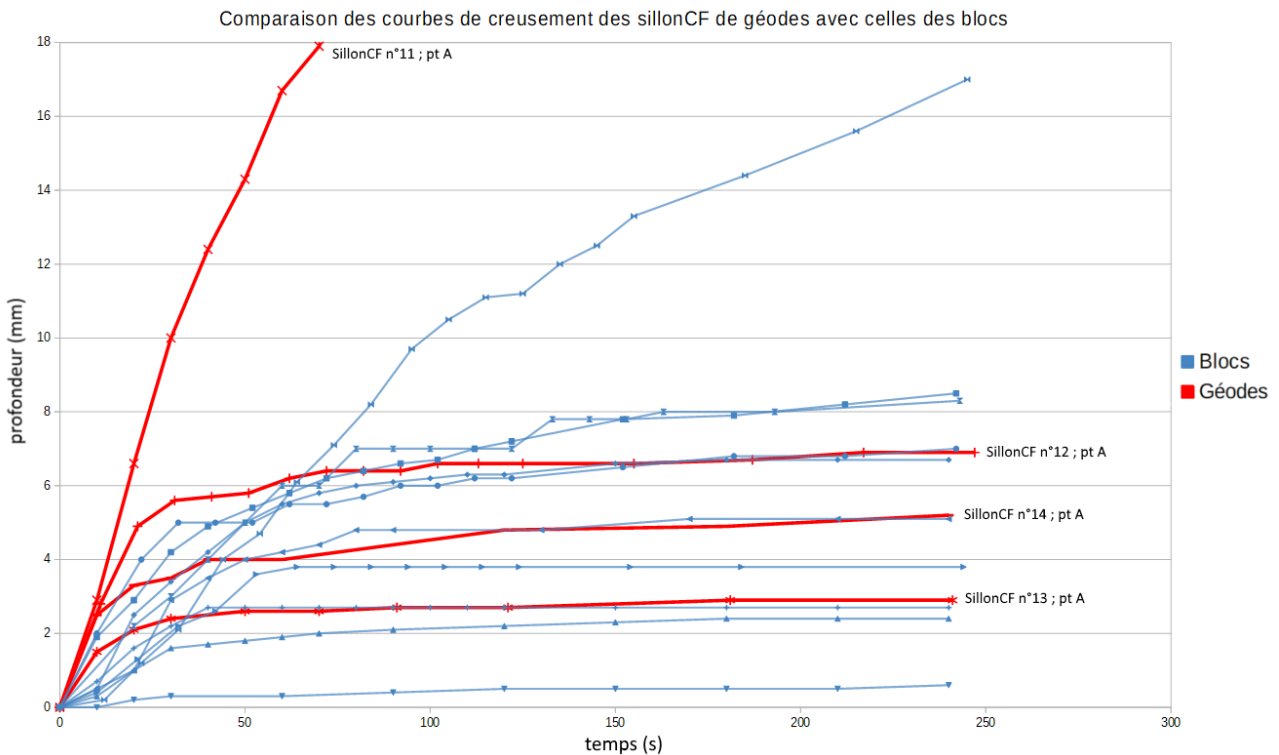


Fig 47 : Comparaison des quatre sillonCF du projet expérimental n°4 réalisés en cavités géodiques (en rouge) avec les dix sillonCF sur blocs (en bleu).

Afin de mettre en perspective les courbes de creusement obtenues sur les cortex friables des géodes (sillonCF 11-14, cf annexe 6 du vol.2), nous les avons superposés à celles des blocs de la figure 45 (fig 47).

On remarque d'emblée que sur les quatre nouveaux sillonCF réalisés, le n°11 (surface 53 de la géode n°1) est celui qui se sépare de tous les autres par sa vitesse de plein rainurage. Réalisé sur le cortex le plus épais que nous ayons rencontré (jusqu'à 36 mm), il augmente ainsi le spectre des gradients de friabilité connus. Compte tenu de la relation existante entre ces deux variables (cf I.A.3 p.39), sa position en tête n'est pas étonnante au regard de son caractère supra-centimétrique.

Malgré une première impression de détachement, les sillonCF n°12, 13 et 14 s'intègrent en fait bien au corpus des cortex infra-centimétriques sur blocs. En effet, la mise en parallèle de leurs courbes de creusement avec celles obtenues sur des blocs porteurs de cortex d'épaisseurs équivalentes ne permet pas réellement de les isoler (fig 48).

Ainsi, le sillonCF n°12 (surface 55 de la géode n°2) se confond avec le sillonCF n°2 avec seulement cinq secondes de différence pour atteindre une profondeur semblable (fig 48a). Nous considérons cet écart comme non significatif compte-tenu de la précision de notre protocole.

Le sillonCF n°14 (surface 57 de la géode n°3) présente une pente parallèle à celle du sillonCF n°9 ce qui revoit à une vitesse de plein rainurage identique (fig 48b). Seule une légère inflexion du sillonCF n°9 lors des dix premières secondes de gravure sépare les deux tracés : nous l'expliquons par une hésitation de notre part lors de l'établissement de la rainure guide de son creusement sur les 15 cm de sa longueur. En effet, cette première phase de l'expérience nécessite plus de concentration et de précision de la part du graveur pour bien faire passer son ébauche de trait par les trois points

III - Durées de réalisation des unités élémentaires de l'art rupestre sud francilien :

de mesure [ABC] avant de pouvoir libérer toute la force du creusement. Ce petit biais que nous avons réussi à limiter par la suite via une plus grande confiance dans nos gestes se retrouve sur d'autres sillonsCF. Pour le sillonCF n°9, il est augmenté par la forte convexité de sa surface gravable. Le passage d'une croûte indurée peut également induire une inflexion similaire. Cette similarité graphique entre les cortex friables infra-centimétriques de géodes et de blocs confirme notre sensation d'homogénéité à leur égard au moment de leur gravure.

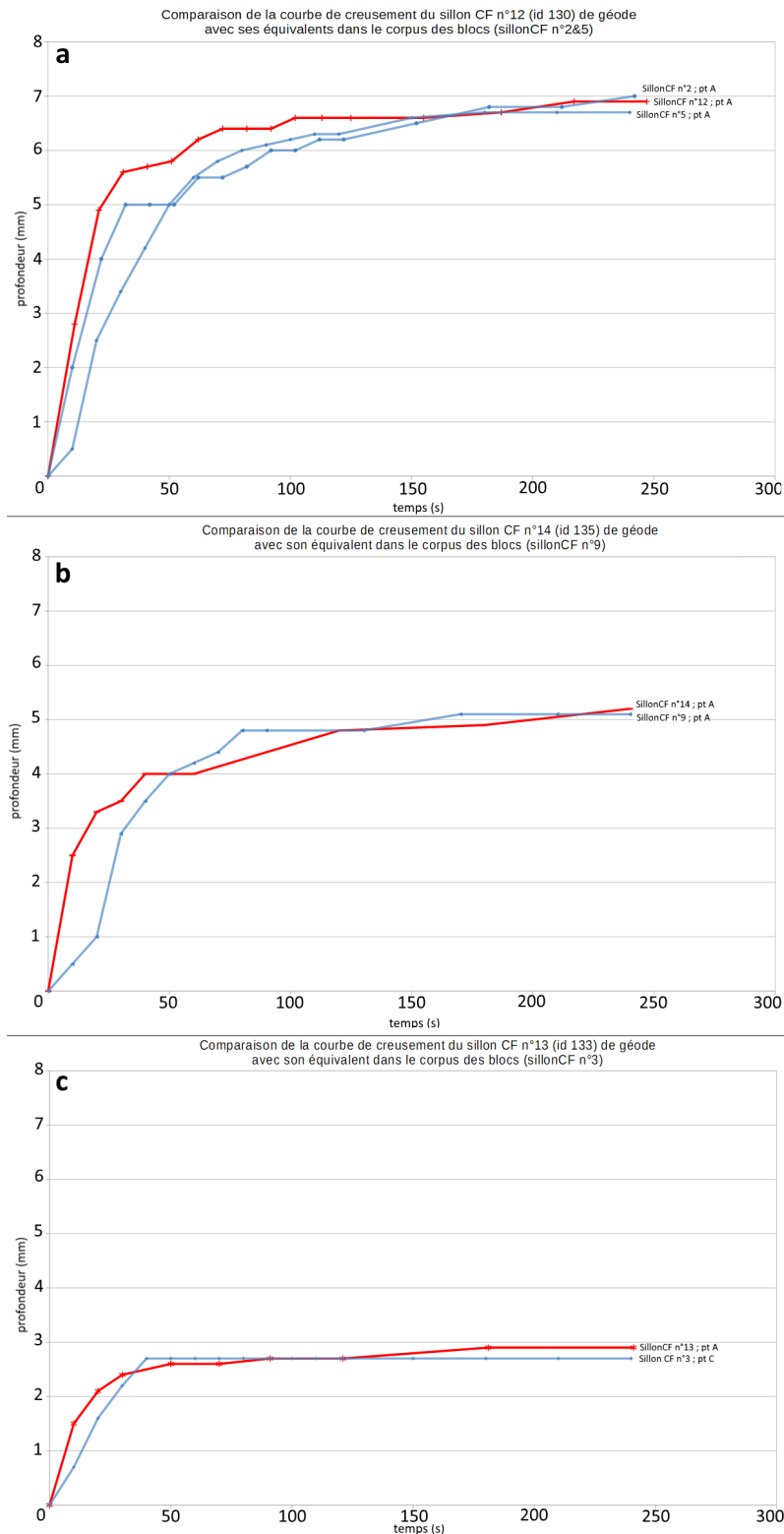


Fig 48 : Comparaison des sillonsCF n°12, 13 et 14 avec leurs équivalents dans le corpus des blocs.

Partie 3 - Résultats et enseignements expérimentaux

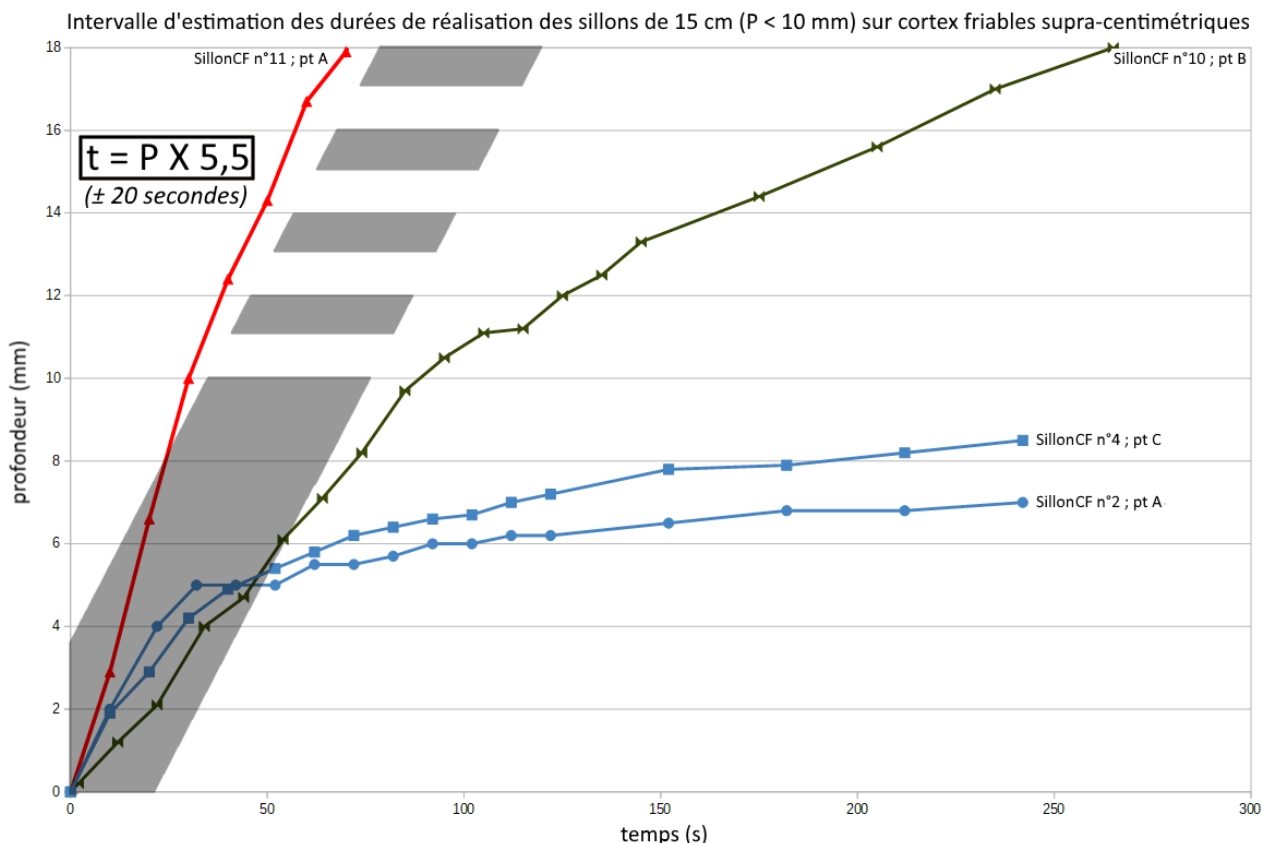


Fig 49 : Intervalle d'estimation de durées de réalisation des sillons de 15 cm lorsqu'ils ne dépassent pas 10 mm de profondeur sur cortex friables supra-centimétriques. L'équation médiane de l'intervalle rouge est $t = P \times 5,5$ où « t » est le temps de réalisation en secondes et P la profondeur moyenne du sillon en millimètres. Il faut rajouter un intervalle d'incertitude de 20 secondes

En terme de vitesses de plein rainurage – et par conséquent de durées de réalisation - la vraie différence semble donc s'opérer entre cortex friables infra-centimétriques et supra-centimétriques. Il est donc nécessaire de construire un nouveau modèle pour ces derniers cas. Lorsqu'on isole les sillonsCF les plus développées, on remarque que nos deux sillonsCF réalisés sur cortex supra-centimétriques (n°10 et 11) sont séparés d'un intervalle de 40 secondes dont on peut obtenir l'équation de la médiane (fig 49). Cette fonction linéaire peut servir d'outil d'estimation des durées de réalisation des sillons de 15 cm lorsqu'ils ne dépassent pas 10 mm de profondeur sur cortex friable supra-centimétrique. En effet, les gradients de friabilité des cortex supra-centimétriques sont si développés qu'il est nécessaire de réajuster l'équation de notre outil si le sillon à estimer est approfondi au-delà de 10 mm de profondeur. Nous reviendrons sur ce point en troisième sous-partie.

2 – Influence de la longueur des sillons

Maintenant que nous avons un outil efficace pour évaluer la durée de réalisation d'un sillon de 15 cm indépendamment de la gravabilité du cortex friable dans lequel il est rainuré, il peut être intéressant d'évaluer l'impact de la variable longueur. Nous pourrions ainsi estimer un indice de correction des modèles développés ci-dessus afin de calculer la durée de n'importe quel sillon gravé avec un gravoir lithique pourvu que sa longueur et sa profondeur soient connues.

III - Durées de réalisation des unités élémentaires de l'art rupestre sud francilien :



Fig 50 : A gauche, photographie de la surface n°5. A droite, photographie de la face latérale de la surface n°10. Chaque sillon de chaque surface est enregistré indépendamment.

L'influence de la longueur des sillons sur leur durée de réalisation a été approchée sur deux surfaces de blocs porteuses de cortex infra-centimétriques. De nombreux sillons de longueurs variables y ont été gravés (voir fig 50 et annexe 5 du vol.2, entrées « sillon »). Ils ont été rainurés avec deux gravoirs lithiques (n°14 et 16 de la fig 13 p.15), chacun assigné à une surface. La construction de graphiques corrélant longueurs et durées de réalisation des sillons pour chaque surface, avec en étiquettes de données (les valeurs à gauche des points) leur profondeur moyenne, donne les résultats suivants (fig 51 et 52) :

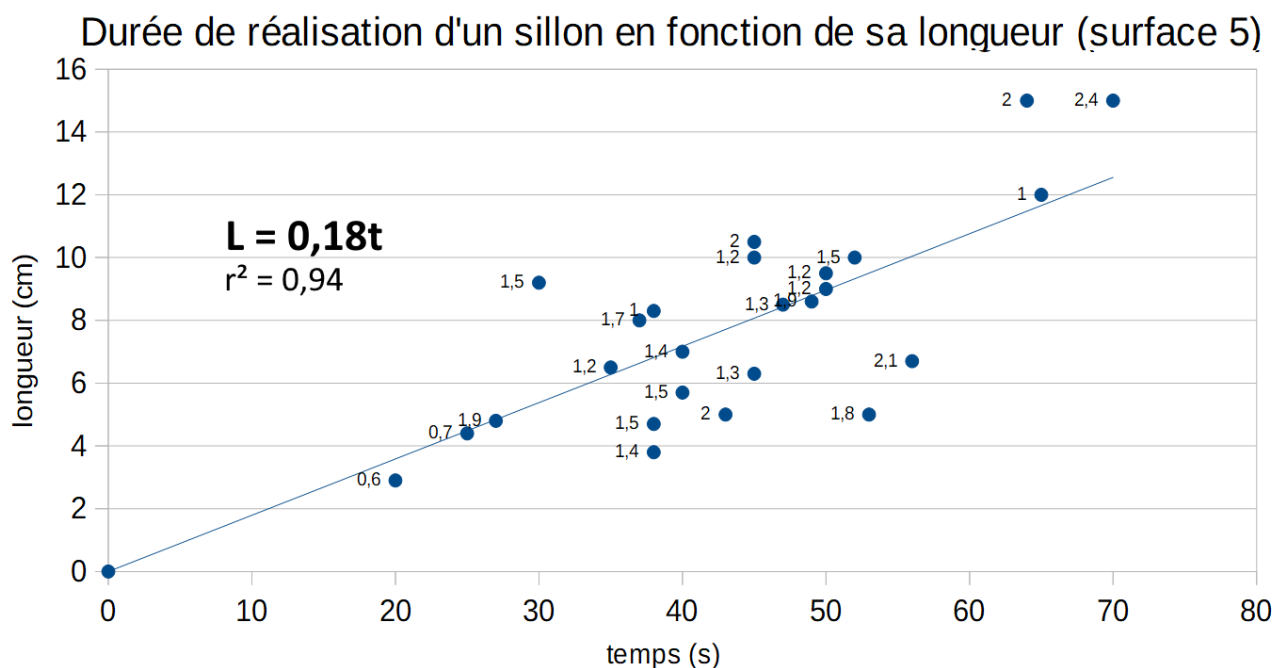


Fig 51 : Corrélation entre durées de réalisation et longueur des sillons de la surface 5.

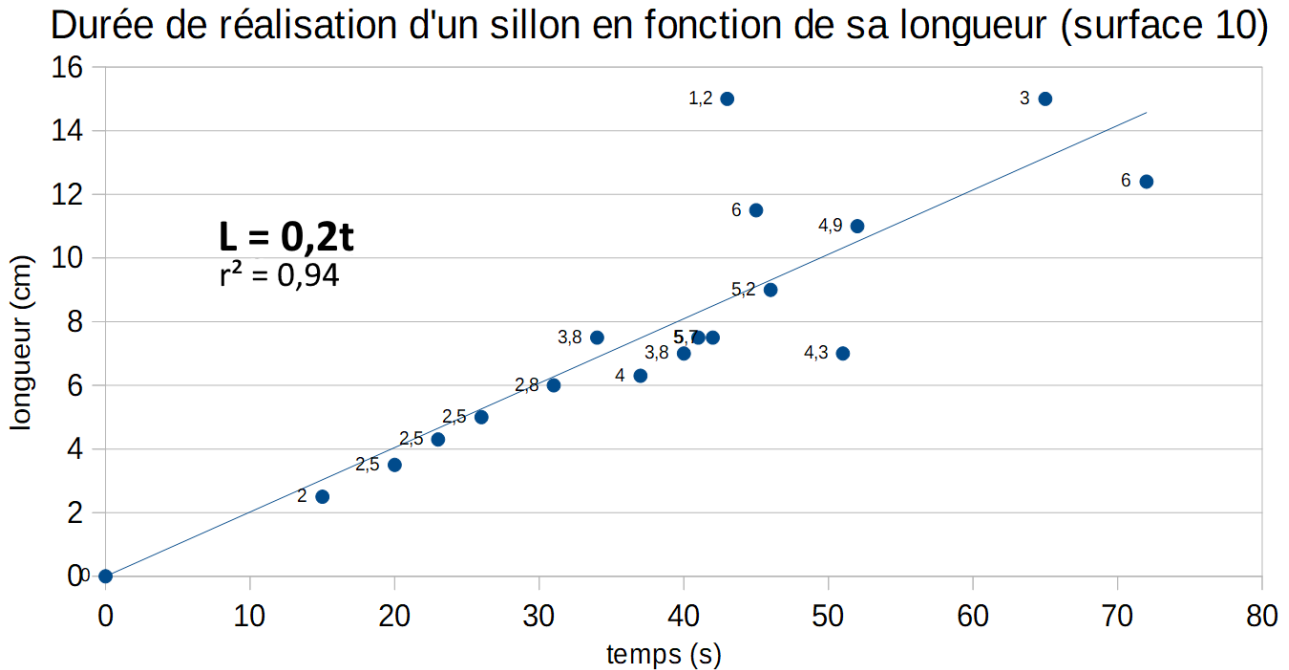


Fig 52 : Corrélation entre durées de réalisation et longueur des sillons de la surface n°10.

Pour les deux surfaces une corrélation linéaire se dégage clairement. La relative dispersion des points est certainement due à la forte variabilité de profondeur au sein de chaque cortex friables (cf I.A.2.2 p.35) et donc des sillons de ces surfaces, brouillant ainsi les résultats. Cette variabilité est de 2 mm pour la surface 5 (intervalle entre un minimum de 0,6 mm et un maximum de 2,4 mm) et de 4 mm pour la surface 10 (intervalle entre un minimum de 2 mm et un maximum de 6 mm). On remarque cependant que ces corrélations gagnent en clarté lorsqu'on sélectionne des sillons de profondeur équivalente.

Grâce à ces deux corrélations, nous pouvons estimer l'impact de la longueur sur les durées de réalisation des sillons. Pour la surface 5 (fig 51), la différence de temps de réalisation entre un sillon de 4 cm et un sillon de 8 cm (soit une longueur multipliée par 2) est de 22 secondes. Sachant que cette différence représente le temps initial nécessaire à la réalisation du sillon de 4 cm, nous pouvons énoncer qu'il faut ici multiplier par deux la durée d'un sillon pour doubler sa longueur. Pour la surface 10 (fig 52), la différence de temps de réalisation entre un sillon de 4 cm et un sillon de 8 cm (soit une longueur multipliée par 2) est de 20 secondes. Sachant que cette différence représente également le temps initial nécessaire à la réalisation du sillon de 4 cm, nous arrivons aux mêmes conclusions : il faut ici aussi multiplier par deux la durée initiale d'un sillon pour doubler sa longueur.

L'obtention d'un même résultat de proportionnalité pour nos deux surfaces est un gage certain de reproductibilité et de fiabilité de cette loi pour la gravure des grès de Fontainebleau. Il faut donc en moyenne **doubler la durée initiale d'un sillon pour doubler sa longueur.**

3 - Vers un outil général d'estimation des durées de réalisation des sillons

Outil d'estimation des durées de réalisation des sillons de 15 cm de profondeur commune (P < 10 mm)

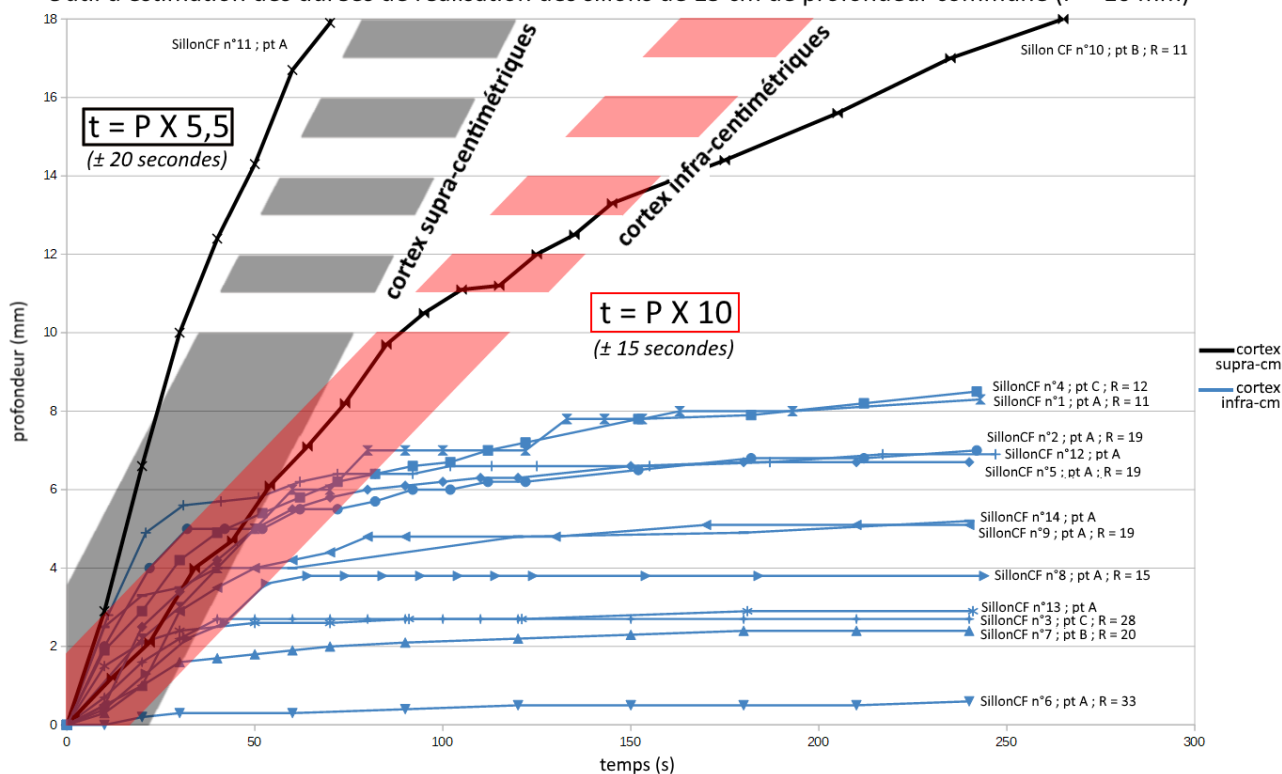


Fig 53 : Outil général d'estimation des durées de réalisation des sillons de 15 cm long et de profondeur commune (P < 10 mm). Selon l'épaisseur du cortex friable considéré, il faudra privilégier le modèle infra-centimétrique ou supra-centimétrique. « t » est le temps de réalisation en secondes et P la profondeur moyenne du sillon en millimètres.

En guise de conclusion, nos recherches permettent de proposer un outil général d'estimation de la durée de réalisation de n'importe quel sillon archéologique du massif de Fontainebleau gravé au silex et de profondeur infra-centimétrique (fig 53), soit la très grande majorité des gravures (cf I.B.1 p.42)

Pour l'utiliser, il est nécessaire de connaître la profondeur moyenne et la longueur du sillon à estimer puis d'émettre une hypothèse sur l'épaisseur de son cortex. En effet, les résultats expérimentaux montrent que les vitesses de plein rainurage diffèrent surtout entre les cortex infra-centimétriques et supra-centimétriques. Cet écart n'est pas négligeable puisque le coefficient multiplicateur double entre les deux modèles : **un sillon de profondeur commune – inférieure à 10 mm - sera rainuré presque deux fois plus vite sur un cortex supra-centimétrique.** Dans ce cas, son fond ne repose pas sur le grès dur. Puisque les quadrillages sont également composés de sillons de profondeur commune, cette constatation s'applique également à leur sujet. Nous reviendrons sur ce point dans la partie suivante. Sachant que la majorité des gravures reposent sur l'interface du grès dur (cf I.B.1 p.42), l'observateur pourra faire son choix entre les deux modèles en évaluant si un grand nombre de sillons de la paroi considérée ne dépasse pas le centimètre de profondeur. Plus il y en a, plus il est probable qu'il s'agisse d'un cortex infra-centimétrique. A l'inverse, le cortex friable pourra être considéré comme supra-centimétrique dès qu'un seul sillon de la paroi dépasse ce seuil. Néanmoins comme la majorité des cortex friables est de nature infra-centimétrique (cf I.B.1 p.42), le premier modèle sera de toute évidence le plus fréquemment utilisé.

Partie 3 - Résultats et enseignements expérimentaux

Nous allons maintenant donner un exemple d'utilisation de notre outil d'estimation des durées de réalisation. Imaginons par exemple un sillon fictif de 7,5 cm de long pour 6 mm de profondeur. S'il est gravé sur un cortex infra-centimétrique, notre modèle indique une durée d'environ 60 secondes \pm 15 secondes pour le rainurer si sa longueur était de 15 cm. Comme elle est de 7,5 cm, soit moitié moins que 15 cm, nous lui appliquons une correction de 50 % de sa durée de réalisation conformément à la loi dégagée dans la sous-partie précédente. Ainsi, notre sillon fictif de 7,5 cm de long par 6 mm de profondeur a probablement été réalisé en 30 secondes \pm 15 secondes. Il l'aurait été en 16 secondes \pm 20 secondes si son cortex était supra-centimétrique. Des calculs tout à fait envisageables d'ajustement de l'indice de correction de longueur seront nécessaires pour des sillons dont la longueur est hors des multiples de 15.

Par ailleurs, les intervalles d'incertitude des deux modèles (15 et 20 secondes) pourront être ajustés si l'utilisateur arrive à cerner l'épaisseur moyenne du cortex de sa paroi d'étude. Ainsi, si notre sillon fictif de 6 mm de profondeur est rainuré dans un cortex d'épaisseur équivalente, alors une incertitude négative de -10/15 secondes est plus probable qu'une incertitude positive. En effet, les gradients de friabilité qui atteignent 6 mm sur la figure 53 se situent plutôt dans le haut de l'intervalle rouge soit du côté gauche de sa médiane, d'où une correction plutôt négative.

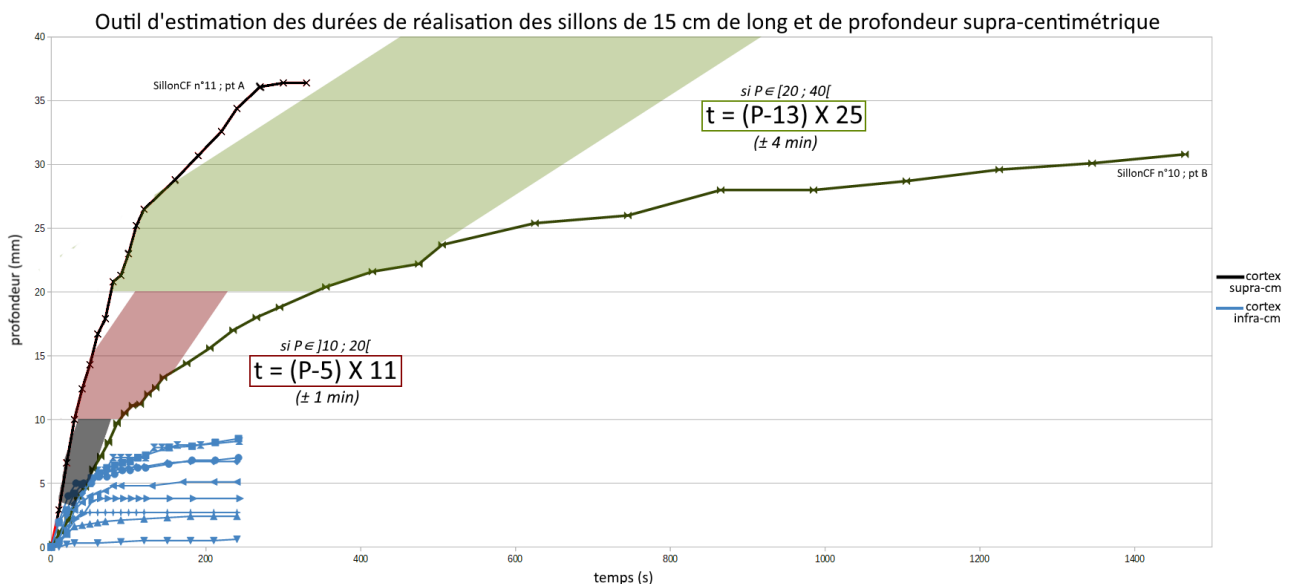


Fig 54 : Intervalle d'estimation des durées de réalisation des sillons de 15 cm de long et de profondeur supra-centimétrique. « t » est le temps de réalisation en secondes et P la profondeur moyenne du sillon en millimètres.

Pour compléter notre outil, nous pouvons proposer grâce aux gradients de friabilité des sillonCF n°10 et 11 sur cortex supra-centimétriques des intervalles d'estimation pour des sillons profonds ; ici jusqu'à 40 mm pour des longueurs de 15 cm (fig 54). Arrivé à ce seuil de profondeurs, nous ignorons si la loi relative à l'influence de la longueur sur les durées de réalisation décrite en deuxième sous-partie est encore efficace. Quoiqu'il en soit, notre but est de donner une idée de la fourchette de temps minimum pour les sillons archéologiques profonds forcément réalisés dans des cortex supra-centimétriques. La plupart sont dits « naviformes » (Bénard, 2014 ; 83, 156) bien que ce terme gagnerait selon nous à être défini plus clairement. Car si une section très ouverte en U peut renvoyer à des gestes de raclage, il est également fréquent que des sillons de profondeurs centimétriques prennent aussi ces formes « en navire » à l'issue de leur rainurage.

B) Le quadrillage : un motif composé de sillons rectilignes

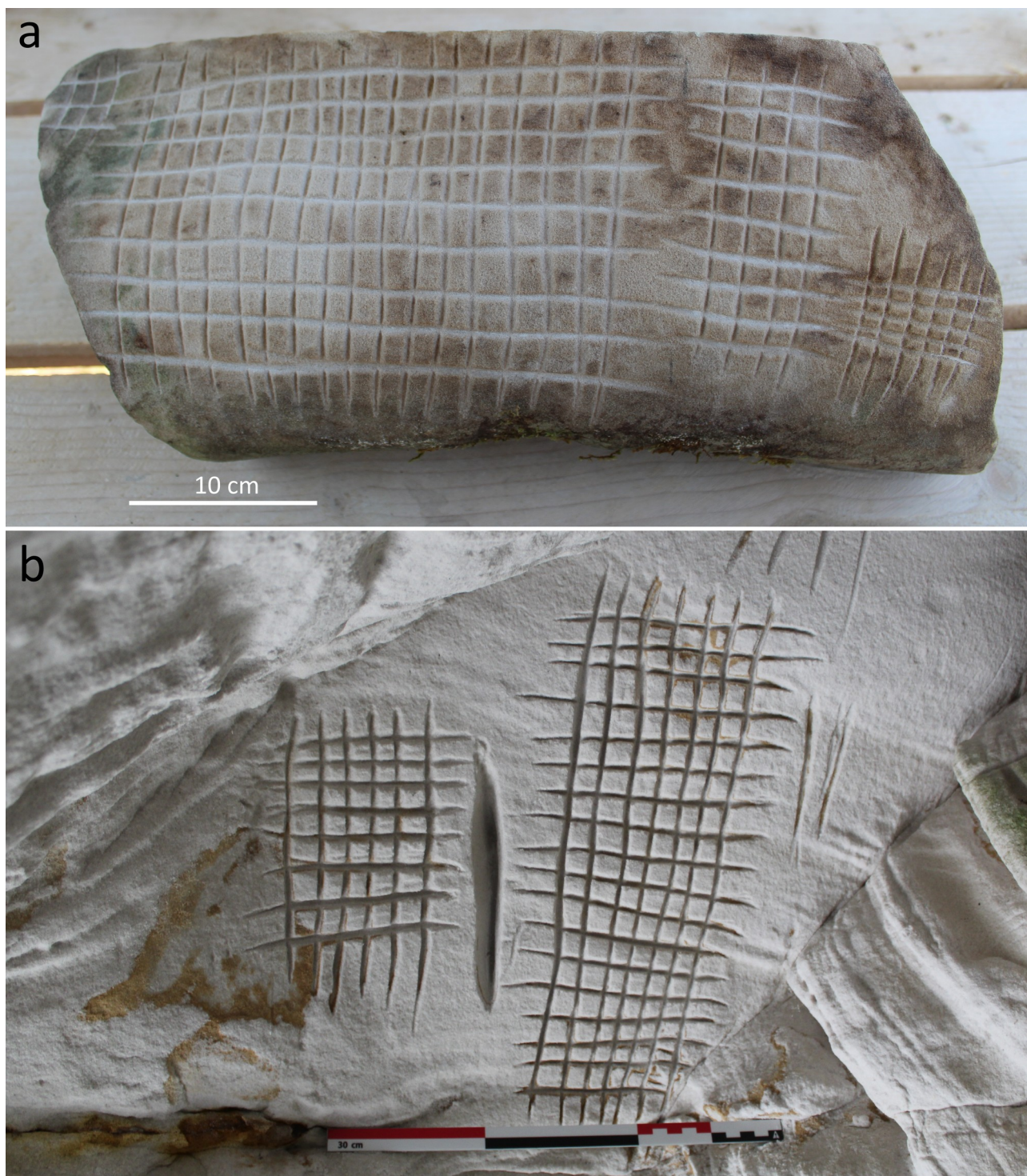


Fig 55 : Exemples de reproductions expérimentales de quadrillages archéologiques. En a, sur un cortex friable infra-centimétrique de bloc. Ils sont inspirés des sites (de gauche à droite) de la *Butte du puits 2*, *Vallée du jeton 1*, *Béorlots 2* et *Rocher Châtillon 2*. En b, sur un cortex friable supra-centimétrique de géode (mire de 30 cm). Ils sont inspirés des sites (de gauche à droite) de *La Ségognole 4* et de la *Vallée du jeton 1*.

Partie 3 - Résultats et enseignements expérimentaux

Afin d'estimer le temps nécessaire à la gravure des quadrillages, motif emblématique de l'ensemble rupestre sud francilien, quinze quadrillages expérimentaux ont été reproduits avec des gravoirs lithiques sur cinq cortex friables infra-centimétriques de blocs en tant que motifs jalons du projet expérimental n°3 (fig 55a). Huit autres réalisés en géode sont venus compléter cet effectif à l'occasion du projet expérimental n°4, dont quatre gravés sur cortex supra-centimétriques (fig 55b). Sur un total de 23 quadrillages, 20 sont inspirés de cas archéologiques (voir description détaillée avec couverture photographique en annexe 7). Le choix a été fait de systématiquement graver les sillons verticaux en premier de la gauche vers la droite, attaque en haut, puis les sillons horizontaux de haut en bas, attaque à droite.

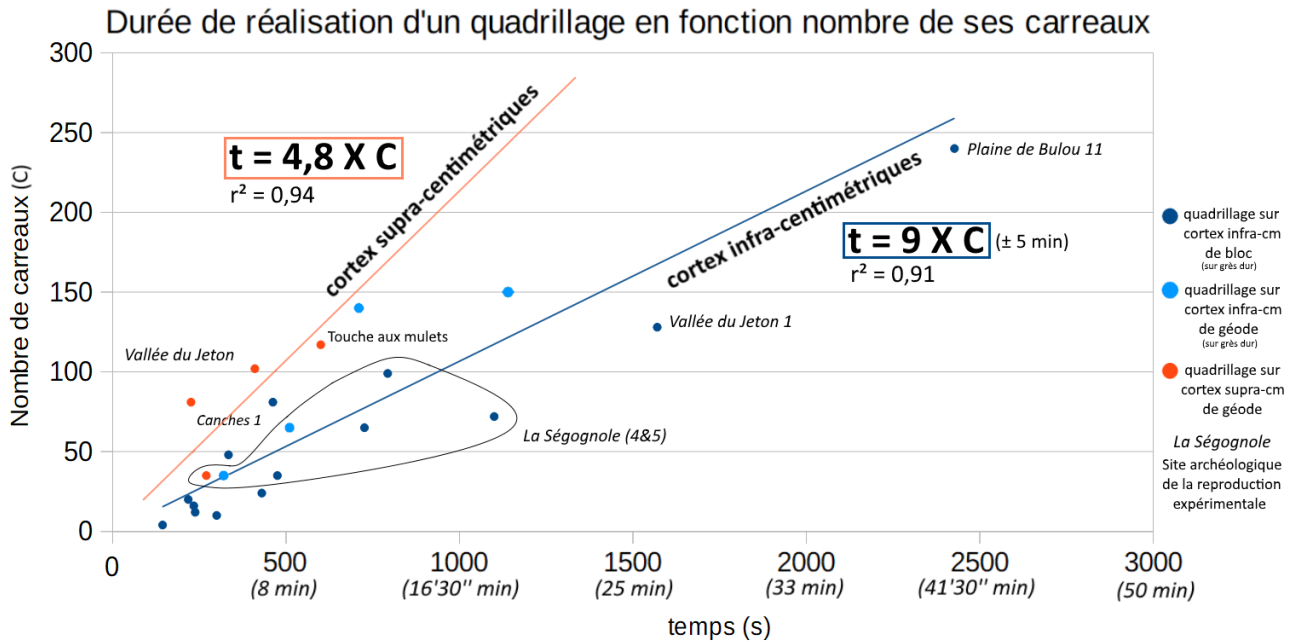


Fig 56 : Outil général d'estimation des durées de réalisation des quadrillages de profondeur commune (inférieure à 1 cm). Selon l'épaisseur du cortex friable considéré, il faudra privilégier le modèle infra-centimétrique ou supra-centimétrique. « t » est le temps de réalisation en secondes et C le nombre de carreaux.

Nous avons regroupé leurs durées de réalisation en fonction du nombre de carreaux¹⁷ qu'ils possèdent dans un graphique (fig 56). Comme pour les sillons, on peut dégager deux modèles : le premier correspond aux cas majoritaires des quadrillages rainurés jusqu'au grès dur sur cortex infra-centimétriques (sur blocs et en géode) ; le second correspond aux cas minoritaires des quadrillages librement arrêtés sur cortex supra-centimétriques très friables, ici en géodes (cf I.B.3.1 p.46). Là aussi la différence n'est pas négligeable : le coefficient multiplicateur double presque d'une équation à l'autre. **Un quadrillage se rainure presque deux fois plus vite sur cortex supra-centimétriques.** Cette constatation est conforme à nos sensations de gravure sur ces supports où le gravoir rentre très facilement.

La dispersion relative des points du modèle infra-centimétrique, bien que limitée, est compréhensible. Il y a tout d'abord l'intervalle d'incertitude de 30 secondes qui peut séparer, à

¹⁷Selon la formule $([\text{nombre de ligne verticales}] - 1) * ([\text{nombre de lignes horizontales}] - 1)$ puisque les quadrillages ne sont pas fermés.

III - Durées de réalisation des unités élémentaires de l'art rupestre sud francilien :

profondeur égale, un sillon de 15 cm sur le spectre des gravabilités mis en évidence ci-dessus en sous-partie I.A.1.1. Son impact est toutefois lissé car aucun quadrillage n'a été laborieusement gravé sur des cortex peu épais et de gravabilité réduite explorés pour le projet expérimental n°1 : on peut faire l'hypothèse que ces derniers ont sans doute été évités par les préhistoriques.

Ensuite, le graveur n'étant pas un robot, l'impact des inévitables « temps morts » de gravure n'a pas été mesuré. Par ces « temps morts » de gravure nous entendons tous les changements de positions du graveur, ses hésitations et reprises de certains tracés, son éventuel fatigue lors de la gravure d'un quadrillage de plus de 200 carreaux... Plus qu'un biais, nous estimons que cette absence de quantification de la « faillibilité » humaine participe au réalisme de notre corrélation.

Enfin, nous pouvons parfois invoquer des explications parfois plus contextuelles avec par exemple les quadrillages aux lignes resserrées de l'abri des *Canches 1*. En effet, bien que ces derniers requièrent plus de minutie dans leur réalisation, leur faible empreinte spatiale par rapport au nombre de leurs carreaux réduit leur durée de réalisation et les isole légèrement sur le graphique.

En cumulant tous ces facteurs d'incertitude, il faut rajouter un intervalle de ± 5 min à chaque estimation réalisée avec le modèle pour cortex infra-centimétriques. Vu le faible effectif des quadrillages sur cortex supra-centimétriques, nous ne pouvons pas établir le degré d'incertitude de ce second modèle. Sans doute est-il équivalent voir plus réduit. A l'avenir, la multiplication des expériences permettra d'améliorer la précision des deux modèles.

En conclusion, nous estimons que la diversité des quadrillages réalisés pour construire la corrélation de la figure 56 autorise son application aux motifs archéologiques. Les durées de réalisation qu'il livre doivent être néanmoins considérées comme des minimums, les graveurs ayant pu prendre plus de temps pour des raisons que leur sont propres (motivation individuelle, autres processus rituels intervenants au cours de la gravure...).

Si le plus grand quadrillage actuellement connu est situé dans la *Grotte à la Peinture* de Larchant (Bénard, 2014 ; 93) avec ses 78 cm de long pour 20 cm de large, il n'est composé que de 165 carreaux (34 sillons verticaux et 4 à 7 sillons horizontaux). Le quadrillage possédant le plus grand nombre de carreaux est à notre connaissance gravé dans l'abri de *La plaine du Bulou 11* à d'Huisson-Longueville (Tassé, 1982 ; 83). Avec ses 240 carreaux répartis sur 35 cm de long par 10 cm de large, ce dernier a été reproduit expérimentalement (fig 56 et annexe 7). Sa durée de réalisation de 40 minutes peut donc être considérée comme un potentiel maximum pour la gravure de ce motif du corpus rupestre de Fontainebleau. Sur un cortex supra-centimétrique, ce dernier peut potentiellement être réalisé en moins de 20 min.

Selon une étude d'Alain Bénard sur 80 quadrillages du massif des Trois Pignons (citée dans Bénard, 2014 ; 83), 82 % d'entre eux possèdent entre 6 et 42 carreaux, le format à 12 carreaux étant le plus représenté avec 12 cas. Si l'on suit notre modèle des cortex infra-centimétriques majoritaires, le temps moyen consacré à la réalisation des quadrillages de cet échantillon tourne autour de 5 min. Si l'on prend uniquement les quadrillages des sites de *la Ségognole 4 et 5* que nous avons reproduit, ce temps moyen monte à 12 min \pm 5 min (fig 56). Nous reviendrons sur les implications paléolithologiques de cet engagement humain dans notre conclusion générale.

Conclusion

Les premiers résultats de notre approche expérimentale de l'ensemble rupestre du sud de l'île de France ont permis d'éclairer plusieurs points fondamentaux de la pratique de la gravure sur grès. Ces derniers sont le fruit de problématiques longuement mûries et d'un développement méthodologique rigoureux pour y répondre. De la recherche de supports les plus « archéocompatibles » à l'élaboration de quatre projets expérimentaux reproductibles en passant par la création d'une base de données relationnelle d'enregistrement et d'analyse, tout a été fait pour assurer la fiabilité de nos conclusions. Nous allons brièvement rappeler les apports essentiels de ces premières années de recherche avant de détailler trois points particuliers : un résumé des ressemblances/dissemblances entre cortex de blocs et de géodes ; l'exploration de premières pistes de compréhension paléolithologique du phénomène rupestre de Fontainebleau et enfin une brève mise en perspective des nouvelles recherches expérimentales envisageables.

La rencontre intime des supports de notre art rupestre d'étude - les cortex friables - constitue sans aucun doute un aspect primordial des résultats. Après leur définition géologique, le développement inédit d'une méthode objective de mesure de leur dureté nous a permis de les ranger en différentes classes cohérentes vis à vis de leur gravabilité. Seule cette quantification d'un jugement auparavant empirique pouvait autoriser le développement d'une étude scientifique de l'influence de ce paramètre sur les durées de réalisation des gravures.

Par la suite, l'exploration des cortex friables par rainurage a mis en évidence trois propriétés fondamentales pour leur gravure : (1) la présence d'un gradient de dureté vertical devenant abrupt avec la rencontre d'une interface de grès dur ; (2) la variabilité d'épaisseur entre cortex et au sein même de ces derniers via le caractère irrégulier de l'interface du grès dur ; (3) l'existence d'une corrélation entre l'épaisseur et la friabilité des cortex.

L'étude de la seconde propriété révéla le seuil essentiel séparant les cortex friables infra-centimétriques des cortex supra-centimétriques dont la pertinence n'a cessé de se confirmer ensuite. La découverte de la troisième propriété mise en perspective avec la première engendra une proposition de modélisation de la nature des cortex friables. Elle permet également de redéfinir la notion de gravabilité du grès comme d'abord dépendante de l'épaisseur de ses cortex. En découle la reconnaissance d'une partie des critères de sélection des cavités par les graveurs que nous comptons utiliser à l'avenir. Nous reviendrons sur ce point dans les perspectives.

L'analyse du matériau gravé terminée, nous avons pu mettre en évidence les conditions de gravure communes aux graveurs préhistoriques et contemporains : principalement le rainurage de cortex friables infra-centimétriques jusqu'à la rencontre du grès dur sous-jacent, sensation fiable et structurante de la gravure des grès bellifontains. La haute fréquence de cette situation a pu être démontrée par différents approches (comparaison du corpus expérimental avec les profondeurs des gravures archéologiques et les zones d'usures des gravoirs mésolithiques). De manière corollaire, le cas semble-t-il minoritaire des cortex supra-centimétriques a pu être replacé dans son contexte et des choix culturels particuliers de gravures fines sont apparus.

Concernant la dimension technique du rainurage, la possibilité de réaliser des tracés courbes avec des gravoirs lithiques a été démontrée. A contrario, le choix de réaliser des tracés rectilignes si fréquents dans le corpus rupestre sud francilien relève donc bien d'un choix culturel. Néanmoins, nous soupçonnons que d'autres facteurs plus complexes liés à la nature sensorielle du grès rentrent aussi en jeu. Ces facteurs ont pu favoriser la réalisation de ces gravures lancinantes, témoins de comportements anthropologiques particuliers que nous souhaitons explorer dans de futurs travaux.

Enfin, la mise en place d'outils d'estimation des durées de réalisation des sillons et quadrillages utilisables sur cortex infra-centimétriques comme supra-centimétriques permet désormais de discuter de l'engagement humain dans ces rites rupestres. Nous entamerons cette discussion ci-après.

1 - Graver des cortex friables de blocs et de géodes : finalement quelles différences ?

Dans cette courte sous-partie de notre conclusion nous souhaitons rappeler les différentes observations communes aux cortex friables des blocs et des géodes afin de nous prononcer sur leur degré de ressemblance ou de dissemblance.

D'un point de vue géologique tout d'abord (cf partie 1.I.B.1 p.8), le contexte de genèse des cortex de géodes est différent de celui des blocs : ils se sont formés à l'interface d'une poche de sable non-perméable ce qui n'est pas le cas des blocs. On retrouve néanmoins ces deux types de cortex dans le corpus archéologique : en cavité géodique pour les premiers et en chambre et abri-sous-roche pour les seconds.

Du point de vue des propriétés des cortex friables, rien ne semble toutefois les séparer (cf I.A p.30) : même gradient vertical de friabilité ; même variabilité d'épaisseur suivant les surfaces gravables et même irrégularité microtopographique de l'interface du grès dur ; enfin même relation entre épaisseur de cortex et friabilité du grès.

Finalement, seule la présence plus fréquente de cortex d'épaisseurs supra-centimétriques semble distinguer les géodes, voir leur être propre. En effet, le seul cortex supra-centimétrique sur bloc a été récupéré dans un abri non gravé de Buno-Bonnevaux : peut-être correspond-il à un morceau de paroi de cavité géodique ? Quoiqu'il en soit, si ces cortex supra-centimétriques très friables semblent plus fréquents en géodes, ils n'en restent pas moins minoritaires vis à vis des cortex infra-centimétriques qui y sont majoritaires (cf I.B p.42).

Du point de vue des durées de réalisation, les cortex friables infra-centimétriques de blocs et de géodes livrent les mêmes vitesses de plein rainurage (cf III.A.1.2 p.54). Les quadrillages réalisés sur les seconds s'intègrent bien au modèle construit avec les premiers (cf III.B p.61).

Ici aussi, seul le cas des cortex supra-centimétriques différencie encore les blocs des géodes : on y rainure des motifs de profondeur commune deux fois plus vite en moyenne. Ces derniers sont librement arrêtés et leurs fonds de sillon ne reposent pas sur l'interface du grès dur.

Enfin, du point de vue des traces d'usures sur les gravoires expérimentaux (analyse détaillée en annexe 8 du vol.2 en collaboration avec C.Guéret), celles obtenues en géode sont finalement semblables à celles des blocs. Si il s'agit bien de la même famille de traces, la fréquence de leurs caractères discrets continue à séparer les corpus expérimentaux et archéologiques¹⁸ bien que des superpositions archéocompatibles existent. Ces dernières caractérisent plutôt les gravoires expérimentaux utilisés sur des cortex friables épais de blocs où des cortex supra-centimétriques de géodes. On peut à ce titre se demander si un certain nombre de gravoires mésolithiques n'ont pas été préférentiellement utilisés sur des cortex supra-centimétriques de la *Grotte à la peinture* (Larchant), principal gisement pourvoyeur des pièces archéologiques. Cette hypothèse confirmerait au passage l'attrance des graveurs vers les cortex épais faciles et agréables à graver par leurs gradients de friabilité développés tel que nous l'avons suggéré en partie I.A.3.3 (p.42).

Toutefois, cette hypothèse ne semble pas pouvoir expliquer à elle seule la fréquence des différences entre les deux corpus de traces. Colas Guéret suggère désormais des hypothèses liées à la présence

¹⁸ Emoussé plutôt brillant sur l'expérimental mais mate sur l'archéologique ; texture lisse des parties actives expérimentales mais plutôt grenue sur l'archéologique.

de croûtes organiques et/ou minérales sur les parois archéologiques mais absentes des supports expérimentaux (ce que nous confirmons, les surfaces expérimentales en étaient très rarement porteuses) ; une humidité du grès liée aux conditions climatiques de la chronozone du Boréal où bien d'autres biais taphonomiques, notamment concernant une éventuelle perte de brillance des zones d'usures archéologiques. De nouvelles recherches expérimentales s'imposent pour tenter de répondre à ces nouvelles interrogations.

Pour résumer, rien ne nous permet de distinguer la gravure de cortex infra-centimétriques de blocs par rapport à ceux que l'on rencontre en cavité géodiques. Il s'agit selon toute vraisemblance d'unités équivalentes malgré des contextes de formation que l'on peut supposer différents. Seule la présence peu courante de cortex supra-centimétriques très friables pourrait caractériser les géodes.

2 - Vers une paléolithologie des pratiques rupestres des derniers chasseurs

Les outils fournis par nos recherches expérimentales permettent d'ouvrir la question de l'implication humaine dans le phénomène rupestre de Fontainebleau. Vu les 2000 abris gravés dispersés sur un large territoire de 1200 km², il est certain que celle-ci fut importante et portée par toute une population partageant des traditions communes. Si nous admettons que le quadrillage est le motif culturellement codifié par cette population pour sa pratique symbolique, nous pouvons désormais affirmer qu'il ne s'agissait pas d'un exercice difficile et que sa durée de réalisation – de 5 à 15 min en moyenne - ne nécessitait pas le dégagement d'un temps important. L'acte de graver des séries de sillons ou un quadrillage pourrait ainsi s'inscrire dans une activité culturelle courante pratiquée par plusieurs individus dans une multitude de lieux aisément accessibles. Cette hypothèse est renforcée par le caractère accumulatif et individuel de l'art rupestre de Fontainebleau (Bénard, 2014 ; 160). De plus, les outils et techniques simples qu'il met en œuvre ne suggèrent pas l'existence de spécialistes techniques dédiés à sa réalisation.

Nous pouvons en cela opposer cet art mésolithique à beaucoup d'œuvres d'art pariétal du paléolithique récent. En effet, la nécessaire planification et préparation d'expéditions dans des grottes profondes pour réaliser des représentations animalières témoignant d'un haut degré de technicité renvoie à un tout autre monde. Ici, la présence de spécialistes est suggérée, au moins pour certaines périodes (Guy, 2017). Quoi qu'il en soit, il est clair que l'investissement temporel moyen dédié à ces pratiques rituelles du pléistocène est différent : il se compte assurément en heures, peut-être même en jours avec plusieurs descentes consécutives dans ces sanctuaires, sans compter « l'entraînement » préalable de leurs auteurs. En témoigne par exemple les expérimentations de Michel Lorblanchet autour des panneaux ornés de la grotte de Pech Merle : une heure de réalisation est suggérée pour la frise noire alors que plus d'une trentaine seraient nécessaires pour achever les chevaux ponctués (Lorblanchet, 2010). A Fontainebleau, le quadrillage le plus étoffé demande 40 minutes de gravure tandis que le format plus classique relève plutôt de la dizaine. Cette durée d'application n'est assurément pas négligeable mais relève d'une autre échelle. Nous pouvons faire l'hypothèse que l'organisation sociale pour la soutenir change en conséquence.

Bien que nous ne disposions pas de données chiffrées, la différence d'engagement entre ces pratiques mésolithiques et celles des premières communautés agricoles du même territoire au début du Néolithique moyen doit relever de la même ampleur. En effet, les grandes représentations piquetées parfois jusqu'au champ levé de grands personnages accompagnés de leurs haches sur des mégalithes ostentatoires de grès dur (Cassen et al., 2017) semble autrement plus laborieux et relever d'une autre sociologie.

D'autres comparaisons avec différents art rupestres ou pariétaux pourraient nous aider à bien cerner certaines implications paléolithiques des activités mésolithiques dans les chaos gréseux du Bassin parisien. Il s'agit là d'une démarche que nous souhaitons poursuivre dans nos futures recherches.

3 - Perspectives pour la recherche expérimentale et nouvelles études

A l'avenir, la poursuite de nos recherches expérimentales permettra de développer de nouveaux pans tout aussi essentiels pour l'analyse et la compréhension des gravures rainurées sur le grès. Nous pensons tout d'abord à l'explicitation des variantes techniques du rainurage pour la réalisation de sillons rectilignes ou courbes. Ces variantes sont accompagnées de stigmates bien particuliers que nous avons déjà rencontrés en contexte archéologique et qui gagneraient à être exposés pour la compréhension plus générale des parois. En plus d'ouvrir le champ de la tracéologie pariétale encore à construire sur le grès, leur identification pourrait aider à isoler les gravures de mains particulières au sein de palimpsestes voir de définir des niveaux de savoir-faire. De même, l'étude des profils de sillon sur laquelle nous sommes déjà avancés pourrait dans certains cas amener à la reconnaissance de la dextrie des graveurs et du matériau d'outil utilisé (lithique, organique ou métallique). Ce dernier point de recherche est fondamental pour construire l'attribution chrono-culturelle fine des motifs.

Une première illustration de la portée heuristique de toutes ces nouvelles pistes devrait pouvoir être réalisée sur la paroi de l'aurochs du *Terrier au renard 12* à Buno-Bonnevaux (91).

En plus de ces nouvelles percées, la pratique expérimentale permet également des croisements méthodologiques avec d'autres spécialités de recherche. C'est ce que nous construisons actuellement avec Eric Robert, pariétaliste de notre PCR, en collaboration avec Emilie Lesvignes, Lydia Zotkina et Médard Thiry à propos de la lecture chronologique des intersections de sillons par la profondeur (Cantin et al., 2018). La mise en évidence de trois problèmes liés aux épaisseurs hétérogènes de cortex friables contribue à la réflexion autour de cet axe de recherche.

Enfin, l'exploration de la question du raclage reste à entreprendre. En effet, cette facette gestuelle de la gravure mésolithique sur grès caractérise tout de même 25 % des gravoirs lithiques (Guéret et Bénard, 2017). Nous ne savons cependant toujours pas si ces gestes doivent être rapportés à la réalisation de motifs particuliers (cupules, sillons naviformes...) et/ou à une intention de préparation des surfaces à graver (régularisation des reliefs, suppression des voiles ou croûtes organico-minérales, effacement d'une première génération de gravures...). Pour y répondre, la mise en place de nouvelles expérimentations sera nécessaire avec un aller-retour tracéologique entre les gravoirs archéologiques et expérimentaux en collaboration avec Colas Guéret. Une étude photogrammétrique des parois raclées expérimentalement pour en documenter les stigmates fins devra certainement être envisagée afin de les décrire et de bien les repérer dans les cavités.

La connaissance du matériau gréseux que nous ont apporté ces deux années de recherche ouvre également des applications vers de nouvelles questions archéologiques et de nouveaux corpus. C'est par exemple le cas avec les gravures protohistoriques sur grès de style HMM en forêt de Fontainebleau où la question de l'intentionnalité humaine derrière la relative finesse des tracés se pose.

Dans un autre registre, la question des choix humains caractérisant la répartition des abris gravés dans les chaos gréseux est un axe novateur de recherche. En effet, de nombreuses cavités adjacentes aux sites archéologiques ne sont pas gravées ou seulement porteuses d'un nombre très restreint de sillons : est-ce là les témoins de tests empiriques de gravabilité des graveurs visant à sonder

l'épaisseur – donc la friabilité - des cortex présents ? C'est en effet par ce moyen simple et efficace que nous appréhendons les cortex des géodes de Darvault. Existe-t-il des cavités gravables qui ne l'ont pas été ? Y-a-t-il un comportement mimétique au fil des générations, la présence de gravures anciennes attirant les nouveaux venus dans les mêmes lieux ? Peut-on mettre en évidence une préoccupation symbolique liée à la topographie dans la sélection des cavités ? C'est à toutes ces questions que devrait pouvoir répondre le démarrage de notre thèse à la rentrée prochaine.

La méthodologie de mesure de dureté du grès avec le scléromètre est l'outil qu'il nous fallait pour pouvoir tester la gravabilité des cavités non gravées ; la gravabilité de celles qui le sont étant directement accessible via la profondeur moyenne de leurs sillons. Le développement d'une approche taphonomique relative à la perte de données liée au colluvionnement du sable (ensablement de cavités en bas de versant), à l'érosion et aux activités humaines modernes de carrière sera l'étape préliminaire de cette recherche. Elle nous permettra de sélectionner les zones du massif de Fontainebleau les mieux préservées pour mener nos investigations.

Le point de vue renouvelé offert par notre approche expérimentale prouve une fois de plus la pertinence d'une telle démarche en archéologie alors aux prises directes avec son objet d'étude. Cela est d'autant plus important quand on s'intéresse comme ici à des pratiques complètement éloignées de tout référentiel artisanal contemporain.

Bibliographie

BENARD A. (2010) – L'abri orne de la Segognole, Noisy-sur-Ecole, Seine-et-Marne. Description des gravures et proposition d'attribution chronoculturelle, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 107, 3, p.p. 521-536.

BÉNARD A. (2014) – *Symboles et mystères : L'art rupestre du sud de l'Ile-de-France*, Arles, Editions Errance, 2014, 222 p.

BENARD A. (2016) – Un art rupestre symbolique, in *Mémoire rupestre - Les roches gravées du massif de Fontainebleau, catalogue d'exposition au musée de Préhistoire d'Ile-de-France (Nemours)*, Éditions Xavier Barral, p.143-150.

BÉNARD A., LESVIGNES E., VALENTIN B., BELLANGER F. (2018) – Repérage d'autres abris ornés guidé par Alain Bénard, in B. Valentin dir, *Art rupestre préhistorique dans les chaos gréseux du Bassin parisien (ARBap). Étude, archivage et valorisation. Programme collectif de recherche (2018-2020)*., Nanterre, UMR 7041, p.203-210.

BENARD A., VALOIS L. (2014) – La gravure animalière du Terrier au renard, *Art Rupestre, Bulletin du GERSAR n°65*, p.p. 17-24.

CANTIN A. (2018) – *Approche expérimentale de l'art rupestre préhistorique des chaos gréseux du Bassin parisien : de l'exploration d'une roche aux possibilités et durées de sa gravure*, Mémoire de Master 1 « Archéologie, sciences pour l'archéologie », Paris 1 Panthéon-Sorbonne

CANTIN A., ROBERT E., ZOTKINA L. (2018) – Retour critiques sur la méthode d'analyse des traces et nouvelles perspectives, in B. Valentin dir, *Art rupestre préhistorique dans les chaos gréseux du Bassin parisien (ARBap). Étude, archivage et valorisation. Programme collectif de recherche (2018-2020)*., Nanterre, UMR 7041, p.69-93.

- CANTIN A., THIRY M. (2017) – Mesurer la dureté des parois de grès gravés : premiers essais, in B. Valentin dir, *Art rupestre préhistorique dans les chaos gréseux du Bassin parisien (ARBap). Étude, archivage et valorisation. Programme collectif de recherche.*, Nanterre, UMR 7041, p.243-259.
- CASSEN S. et al. (2017) – Les compositions gravées en Beauce et Gâtinais., in P. Pétrequin dir, *Objets-signes et interprétations sociales des jades alpins dans l'Europe néolithique*, Cahiers de la MSHE C.N. Ledoux n°17, Besançon, p.761-845.
- CASSEN S. (2016) – Signes néolithiques en bordure de l'Essonne, in *Mémoire rupestre - Les roches gravées du massif de Fontainebleau, catalogue d'exposition au musée de Préhistoire d'Ile-de-France (Nemours)*, Éditions Xavier Barral, p.143-150.
- COURTY G. (1924) – A propos des différents âges des graffites préhistoriques d'Etampes, déduits de leur superposition, in *Compte-rendu de la 47e session, Bordeaux 1923*, Association française pour l'avancement des sciences, p.634-636.
- COURTY G. (1904) – Les pétroglyphes de Seine-et-Oise, *Bulletin de la Société préhistorique de France*, 1, 10, p.p. 345-351.
- FRITZ C. (2000) – *La gravure dans l'art mobilier magdalénien, du geste à la présentation. contribution à l'analyse microscopique*, Paris, Maison des Sciences de l'Homme, 2000, 216 p. .
- GUÉRET C. (2013) – *L'outillage du Premier Mésolithique dans le Nord de la France et en Belgique : éclairages fonctionnels*, Thèse de doctorat en archéologie préhistorique, Paris 1 Panthéon-Sorbonne , 473 p.
- GUÉRET C., BÉNARD A. (2017) – “Fontainebleau rock art” (Ile-de-France, France), an exceptional rock art group dated to the Mesolithic? Critical return on the lithic material discovered in three decorated rock shelters, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 13, p.p. 99-120.
- GUY E. (2017) – *Ce que l'art préhistorique dit de nos origines*, Flammarion, (Au fil de l'histoire), 2017, 513 p.
- LEBON R., SIMONIN D., VALOIS L. (2018) – Des dépôts de pierres gravées relevant du style Haut mont-Malmontagne dans le massif de Fontainebleau, *Bulletin de l'APRAB n°16*, p.p. 64-76.
- LEBON R., SIMONIN D., VALOIS L. (2017) – Un important corpus de gravures rupestres de style inhabituel récemment découvert dans le massif de Fontainebleau, *Bulletin de l'APRAB n°15*, p.p. 61-71.
- LORBLANCHET M. (2010) – *Art pariétal : Grottes ornées du Quercy*, Editions du Rouergue, 2010, 445 p.
- LORBLANCHET M., BIROUSTE C., DAUDER C (réalisateur). (2018) – *L'Abécédaire de la Préhistoire - L'expérimentation selon Michel Lorblanchet*, 7:17, Consultable à <https://vimeo.com/282483369> [Accédé le 23 octobre 2018].
- PETROGNANI S., ROBERT E. (2018) – Le panneau orné de La Ségognole 3, in B. Valentin dir, *Art rupestre préhistorique dans les chaos gréseux du Bassin parisien (ARBap). Étude, archivage et valorisation. Programme collectif de recherche (2018-2020).*, Nanterre, UMR 7041, p.147-158.

- RIVERO O. (2015) – *Art mobilier des chasseurs magdaléniens de la façade atlantique*, Liège, Belgique, ERAUL, Études et recherches archéologiques de l'Université de Liège, 2015, 170 p.
- ROBERT E., ROMÉRO V., LESVIGNES E., LINARD P., CALLIGARO M. (2018) – La Ségognole 4 et 5 : étude de nouveaux panneaux gravés, in B. Valentin dir, *Art rupestre préhistorique dans les chaos gréseux du Bassin parisien (ARBap). Étude, archivage et valorisation. Programme collectif de recherche (2018-2020).*, Nanterre, UMR 7041, p.165-195.
- ROBERT E., ROMÉRO V., LESVIGNES E. (2017) – La Ségognole 4 et 5 : étude de quelques panneaux gravés, in B. Valentin dir, *Art rupestre préhistorique dans les chaos gréseux du Bassin parisien (ARBap). Étude, archivage et valorisation. Programme collectif de recherche.*, Nanterre, UMR 7041, p.35-44.
- ROZOY J.. (1978) – *Les derniers chasseurs. L'Épipaléolithique en France et en Belgique. Essai de synthèse*, Reims, (Mémoire de la Société Archéologique Champenoise, 1), 1978, 1500 p.
- SIMONIN D., LEBON R., VALOIS L. (2019) – *Sites à gravures rupestres protohistoriques de style Haut Mont-Malmontagne en forêt de Fontainebleau. Inventaire, étude et protection d'un ensemble gravé unique en Europe. Projet de programme collectif de recherches*, Nemours, Musée de Préhistoire d'Île-de-France, 2019
- TASSÉ G. (1982) – *Pétrglyphes du bassin parisien*, Paris, CNRS Editions, 1982, 185 p.
- THIRY M. (2017a) – La Ségognole : propriétés et altérations des parois gravées, in B. Valentin dir, *Art rupestre préhistorique dans les chaos gréseux du Bassin parisien (ARBap). Étude, archivage et valorisation. Programme collectif de recherche.*, Nanterre, UMR 7041, p.119-166.
- THIRY M. (2017b) – La Ségognole : remarques préliminaires sur la géologie des abris gravés, in B. Valentin dir, *Art rupestre préhistorique dans les chaos gréseux du Bassin parisien (ARBap). Étude, archivage et valorisation. Programme collectif de recherche.*, Nanterre, UMR 7041, p.35-44.
- THIRY M. et al. (2013) – Sables et Grès de Fontainebleau : que reste-t-il des faciès sédimentaires initiaux ?, in *14ème Congrès Français de Sédimentologie, Trois excursions géologiques en région parisienne, Livre d'excursions*, Publ. ASF, Paris, p.37-90.
- VALOIS L. (2018) – Les abris gravés du Rocher Fourceau - Forêt domaniale de Fontainebleau, Seine-et-marne, *Art Rupestre, Bulletin du GERSAR n°72*, p.p. 7-32.

Résumé

Ce mémoire est le résultat de deux années de recherches sur l'art rupestre préhistorique du sud de l'Ile-de-France abordé ici sous le prisme de l'archéologie expérimentale et de l'archéométrie. Dit aussi « de Fontainebleau », ce phénomène rupestre couvre un territoire de 1 500 km² correspondant à la zone d'affleurement des sables de Fontainebleau au sein desquels du grès s'est formé. Aujourd'hui à l'état de chaos de blocs d'âge quaternaire, ces formations gréseuses offrent des milliers de petites cavités dont plus de 2000 sont porteuses de gravures non-figuratives composées de sillons rectilignes accumulés. Ils sont majoritairement disposés en séries parallèles ou en quadrillages, motifs emblématiques de cet art rupestre. Ces témoignages symboliques foisonnants sont longtemps restés aux marges des réflexions générales sur le Mésolithique en raison des difficultés de datation, mais une reprise récente des données archéologiques confirme une pratique rupestre intense durant le VIII^e millénaire BCE attestée par la présence d'outils lithiques émoussés de cette période au pied des parois gravées.

L'approche expérimentale d'une activité qui ne relève pas de l'économie quotidienne des sociétés humaines mais de leurs pratiques symboliques est une voie de renouvellement des connaissances. Pionnière pour l'art gravé de Fontainebleau, notre approche vise à connaître l'engagement humain dans ces rites rupestres via l'exploration de deux dimensions : 1) la première d'ordre technique concerne la rareté des sillons courbes : est-ce le résultat d'un choix culturel ou bien d'une contrainte matérielle liée au grès gravé ou aux outils lithiques utilisés ? ; 2) la seconde est d'ordre temporelle avec les durées de réalisation des principaux motifs (sillons et quadrillages), données essentielles à la compréhension paléolithique de ce phénomène rupestre.

Afin de nous rapprocher le plus des conditions de gravure préhistoriques, nos expérimentations ont porté sur des blocs de grès mobiles et des cavités vierges découvertes des sablières modernes. Les outils de gravure utilisés ont été reproduits d'après le corpus mésolithique. Quatre projets expérimentaux, chacun composés d'une série de courtes expériences de gravure enregistrés dans une base de données relationnelle d'après un protocole guide, structurent notre démarche. Nous avons également développé une méthode inédite et objective de mesure de dureté du grès : quantifier l'influence de cette variable importante au sein de cette roche était le prélude indispensable à l'étude des durées de réalisation des gravures.

La première partie des résultats concerne la définition géologique du matériau gravé et de ses propriétés de gravure. Il s'agit en fait d'un cortex friable surfacique souvent inférieur à 1 cm d'épaisseur qui repose sur un cœur de grès dur non gravable. Il se conserve uniquement sur les grès protégés de l'érosion, dans les cavités par exemple. Après cette première description, nous avons cerné les conditions de gravabilité de ces cortex qui varient suivant leur épaisseur (souvent diverse dans une même cavité et parfois sur un unique bloc). Des critères en ressortent qui pourront éclairer à l'avenir la sélection des cavités par les graveurs sachant que celles qui ont été gravées voisinent avec d'autres restées sans motifs. La possibilité de réaliser des sillons courbes avec des outils lithiques a été démontrée ; a contrario, le choix de réaliser des sillons rectilignes si fréquents sur les parois archéologiques relève bien d'un choix culturel. Enfin, l'analyse approfondie des variables en jeu dans les durées de réalisation des gravures nous autorise à proposer des équations pour estimer la durée de réalisation de n'importe quel sillon ou quadrillage archéologique. Au final, le temps moyen de gravure de ce dernier motif a pu être estimé entre 5 et 15 min. Ces résultats nous permettent d'ouvrir la question de l'implication humaine dans le phénomène rupestre du massif de Fontainebleau. Vu la grande quantité de cavités gravées dispersées sur un large territoire, il était déjà clair que cette activité fut l'expression d'une collectivité partageant des traditions communes. Nous pouvons désormais ajouter que l'acte de graver une série de sillons ou un quadrillage n'était pas un exercice difficile et que les durées de réalisation en jeu ne nécessitaient pas le dégagement d'un temps important. Cette pratique pourrait ainsi constituer l'activité rituelle courante d'un grand nombre d'individus dans une multitude de lieux aisément accessibles. De plus, les outils et techniques simples qu'elle met en œuvre ne suggèrent pas l'existence de spécialistes techniques dédiés à leur réalisation. Il y a là un contraste avec certaines œuvres d'art pariétal paléolithique en grottes profondes parfois difficilement accessibles, témoignant d'un haut degré de technicité et dont la réalisation peut se compter en heures. De même, les grandes représentations piquetées de personnages accompagnés de leurs haches sur des mégalithes ostentatoires en grès dur datant du Néolithique moyen dans la même région de Fontainebleau semblent autrement plus longues à réaliser, relevant certainement d'une autre sociologie.