HAL
open science

Réflexion sur la répartition des abris gravés en rapport avec la géologie des grès de Fontainebleau

Médard Thiry

To cite this version:

Médard Thiry. Réflexion sur la répartition des abris gravés en rapport avec la géologie des grès de Fontainebleau. PCR - Art rupestre préhistorique dans les chaos gréseux du Bassin parisien (ARBap) Étude, archivage et valorisation. 2022, p. 93-109. hal-03907350

HAL Id: hal-03907350

https://minesparis-psl.hal.science/hal-03907350

Submitted on 20 Dec 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.

Art rupestre préhistorique dans les chaos gréseux du Bassin parisien (ARBap)

Étude, archivage et valorisation

Programme collectif de recherche (2021-2023)

coordonné par Boris VALENTIN

Alain BÉNARD
Béatrice BOUET
François BOUGNÈRES
Alexandre CANTIN
Sophie DAVID
Isabelle DE MIRANDA
Patrick DUBREUCQ
Colas GUÉRET
Maëlle HUBERT
Émilie LESVIGNES
Samuel PRAIZELIN
Michel REY
Eric ROBERT
Médard THIRY
Benoit TOUCHARD
Boris VALENTIN
Laurent VALOIS
Lisa VEYSSET

Rapport d'activités pour 2022

Photo : E. Lesvignes/PCR ARBap

DRAC Île-de-France, Service régional de l'archéologie
UMR 7194 & 8068
Muséum national d'Histoire naturelle & Université Paris 1
INRAP Centre Ile-de-France

Art rupestre préhistorique dans les chaos gréseux du Bassin parisien (ARBap)

Étude, archivage et valorisation

Programme collectif de recherche (2021-2023)

coordonné par Boris VALENTIN

Travaux d'Alain BÉNARD, Béatrice BOUET, François BOUGNÈRES,
Alexandre CANTIN, Sophie DAVID, Isabelle DE MIRANDA,
Patrick DUBREUCQ, Colas GUÉRET, Maëlle HUBERT, Émilie LESVIGNES,
Samuel PRAIZELIN, Michel REY, Éric ROBERT,
Médard THIRY, Benoit TOUCHARD,
Boris VALENTIN, Laurent VALOIS & LISA VEYSSET

Rapport d'activités pour 2022

DRAC Île-de-France, Service régional de l'archéologie

UMR 7041 & 7194,
Muséum National d'Histoire Naturelle & université Paris 1,
INRAP Centre Île-de-France

REFLEXIONS SUR LA REPARTITION DES ABRIS GRAVES EN RAPPORT AVEC LA GEOLOGIE DES GRES DE FONTAINEBLEAU

Médard Thiry, *MINES-ParisTech, PSL Research University*,

Pour qu'un grès puisse potentiellement être gravé il faut qu'il réponde à 2 conditions primordiales : posséder des surfaces couvertes d'un cortex primaire friable aisément pénétré par l'outil et que cette surface soit abritée des intempéries qui érodent les cortex tendres. Le cortex friable n'est guère prévisible, souvent on passe latéralement d'un grès dur sans cortex à un grès à cortex friable, et cela dans une même structure géologique et en quelques mètres de distance, comme pour les abris alignés de La Ségognole 2 à 5 (Thiry, 2017). Cela s'explique par des arrangements spécifiques lors de la silicification des sables, ces arrangements n'étant pas prédictibles à cette échelle. Cependant, on va s'atteler dans cette note à envisager les mécanismes plus généraux qui conduisent à la formation de cavités au sein des dalles de grès, et tenter de les rapporter à un schéma prospectif. Pour cela, il est nécessaire de poser quelques notions simples qui expliquent la formation des grès et des sables blancs qui les encaissent. En dernière analyse nous examinerons les possibilités de trouver des grès gravés au-delà du secteur Fontainebleau-Etampes où a été décrit l'essentiel du corpus connu actuellement.

1 Fondements du modèle de silicification en climat froid

Le modèle ancien proposé par Alimen (1936) envisageait l'évaporation de l'eau de la nappe sur le haut des dunes pour expliquer les grands alignements de grès qui arment le sommet des Sables de Fontainebleau, du moins dans le secteur Fontainebleau-Etampes. Or un modèle d'évaporation dans des sols ne peut pas fonctionner car toute croûte silicifiée initiale empêchera l'évaporation de se poursuivre et donc la formation de dalles de grès d'épaisseur métrique.

Par ailleurs, le dépouillement des sondages qui ont traversé les sables (environ 400) montre une opposition entre l'abondance des grès à l'affleurement et leur absence dans les sondages sous la couverture calcaire des plateaux (fig. 1). Les grès sont limités aux zones d'affleurement des sables, ce qui exclut qu'ils se soient formés avant le dépôt de la couverture calcaire (Thiry *et al.*, 1988). La même disposition est visible dans des carrières, qui de plus montrent jusqu'à 4 niveaux de grès superposés.

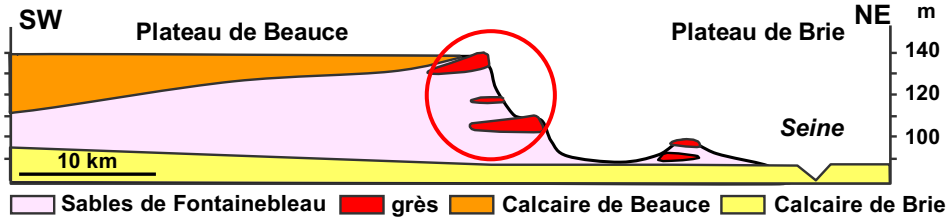

Figure 2 - Les grès sont liés et limités aux reliefs sableux. Échelle verticale très exagérée.

Or si les grès sont limités au voisinage des vallées, c'est qu'ils se sont formés dans cette position et qu'ils sont de l'âge des vallées, c'est à dire qu'ils se sont formés au Quaternaire. Cet âge a pu être précisé par la datation de cristaux de calcite inclus dans les grès siliceux et qui pré-datent donc la silicification (Thiry et al., 2013 ; Thiry et al., 2020). Les calcites d'un des sites d'inclusion ont été datées à 260 000 ans, ce qui correspond à la glaciation saalienne (Riss) ; 4 autres occurrences datées se rapportent à la dernière glaciation, celle du Weichsélien (Würm). La silicification des grès qui incluent les calcites est du même âge ou éventuellement un peu plus récente queue les calcites. Les silicifications comme les calcites correspondraient donc aux périodes glaciaires. La disposition des grès dans le paysage et leur âge glaciaire permettent de préciser comment ils se sont formés.

La disposition superposée de dalles de grès horizontales en bordure des vallées suggère que la silicification s'est faite en liaison avec des écoulements de la nappe phréatique des sables vers les vallées. L'apport des gigantesques tonnages de silice nécessaire pour cimenter des sables en grès s'explique par un apport continu de celle-ci par l'eau de la nappe qui s'écoule, et donc se renouvelle. Il faut encore disposer sur ce parcours d'un mécanisme géochimique qui fait précipiter la silice dissoute dans l'eau, donc la « piège » pour constituer la « colle » qui cimente les grains de sable entre eux. Le calage de la silicification sur les périodes froides permet d'entrevoir l'intervention de la température : la solubilité de la silice diminue quand la température diminue (fig. 2). La précipitation de la silice par refroidissement de l'eau de la nappe est le mécanisme le plus probable pour expliquer les silicifications en arrière des points d'écoulement de la nappe vers les vallées pendant les périodes glaciaires (Thiry et al., 2017).

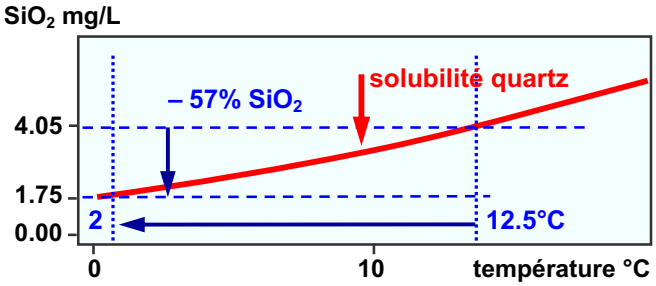

Figure 2 - La solubilité du quartz baisse de plus de la moitié quand la température baisse de 12,5 et 0°C.

Ainsi se construit un modèle de silicification pendant les périodes froides, avec écoulement des eaux de la nappe de Beauce vers les vallées où elles se refroidissent en se rapprochent des zones

superficielles refroidies, voire gelées, et précipitent une partie de la silice dissoute qu'elles véhiculent et qui cimente progressivement les sables qu'elles traversent (fig. 3).

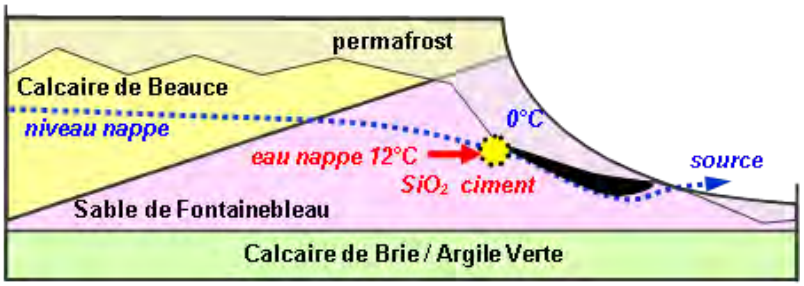

Figure 3 – Schéma hydrologique et agencement thermique des rebords du Plateau de Beauce pendant les périodes froides du Quaternaire. La précipitation de la silice se faisait à l'interface permafrost-nappe aquifère, provoquée par le refroidissement de l'eau de la nappe.

2 Grès blancs et sables blancs

La très grande majorité des Grès de Fontainebleau sont blancs et sont encaissés dans des sables blancs. Il est intéressant de considérer cette relation pour mieux cerner toutes les modifications qu'a subi le Sable de Fontainebleau en même temps qu'il a été cimenté par la silice.

La multiplication des sondages à partir des années 1970 et l'extension et l'approfondissement des carrières d'exploitation du sable ont montré la grande variété de faciès des sables avec en particulier des sables verts (glauconieux), mais aussi des sables noirs, riches en matière organique et pyriteux, et plus communément des sables ocre à la base des carrières d'exploitation des sables blancs. Les coquilles de mollusques et de gastéropodes sont aussi une composante banale des Sables de Fontainebleau qui renferment de nombreux sites fossilifères réputés. Mais les sables blancs n'en contiennent qu'exceptionnellement. Si les Sables de Fontainebleau sont dits blancs et purs, cela vient de la visibilité de ces sables recherchés et exploités pour la verrerie. En fait, les exploitants de sable savent depuis longtemps que les sables blancs sont limités aux zones d'affleurement le long des escarpements et des vallées qui entaillent le Plateau de Beauce, tout comme les grès. Comme les grès, les sables blancs disparaissent en s'éloignant de l'affleurement (Thiry et al., 2014). Ces sables blancs se caractérisent non seulement par l'absence de fer, mais aussi par l'absence d'aluminium et donc l'absence totale de minéraux argileux, alors qu'il en existe dans tous les autres faciès des sables de Fontainebleau. Argiles et oxydes de fer ont été dissouts et leurs composants chimiques lessivés. L'absence de coquilles calcaires est donc aussi à noter, mais quand les conditions d'exposition sont bonnes on reconnaît des « fantômes » de coquilles complètement décarbonatées dans les sables blancs.

La similitude de répartition des grès et des sables blancs suggère que le développement des sables blancs est aussi lié aux environnements périglaciaires, aux paysages de toundras et zones humides, à sols podzoliques et couverts de marais et de tourbières. Les eaux de ces paysages sont acides, riches en complexes organiques. Elles sont spécialement agressives vis-à-vis des oxydes de fer et des minéraux argileux. Ce sont les infiltrations des eaux acides de ces environnement boréaux qui ont blanchi les Sables

de Fontainebleau (fig. 4). Si les grès sont quasiment toujours blancs, c'est que l'altération blanchissante a précédé la silicification et s'est développée en profondeur, sous le niveau de la nappe phréatique. Cette disposition indique que l'altération blanchissante s'est probablement faite lors de l'installation de l'environnement périglaciaire, avant la formation du permafrost imperméable.

Il faut être averti que l'altération et le blanchiment des sables sur d'épais profils sont liés à des infiltrations et des circulations d'eaux acides au sein des sables. Ces circulations sont liées à la porosité primaire des sables et quand l'altération progresse s'y ajoute une porosité secondaire acquise par la dissolution de matières, essentiellement les carbonates. Les sables un peu argileux ou carbonatés sont moins poreux. Ils seront contournés par les eaux acides et ne seront pas ou moins altérés que l'encaissant. Si de tels niveaux moins perméables sont préservés dans les sables blanchis ils ne seront vraisemblablement pas plus traversés par les eaux silicifiantes et ne seront pas cimentés.

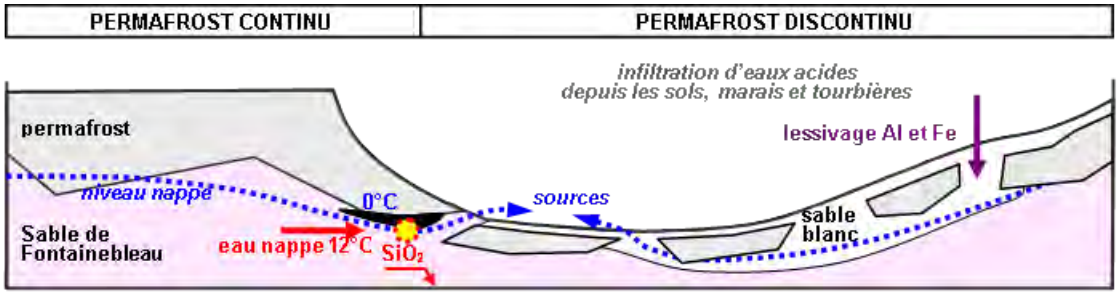

Figure 4 – Schéma des agencements hydrologiques et thermiques dans le bassin de Paris pendant les périodes froides du Quaternaire. Pendant les maximum glaciaires, la silice de la nappe aquifère précipite à l'interface nappe phréatique et permafrost alors que pendant l'installation du froid et/ou pendant le dégel, les eaux acides des environnements boréaux s'infiltrent dans les sables proches de l'affleurement et les lessivent et les blanchissent.

3 Morphologie des grès et dynamique du pergélisol

3.1 Évolution spatio-temporelle du pergélisol

Les niveaux de grès sont très variables en dimensions et présentent une grande variété de morphologies. Leur position est commandée soit par le niveau de la nappe libre, soit par la profondeur de la zone gelée (permafrost) qui est imperméable et confine la nappe. Leurs morphologies sont commandées par les écoulements des eaux qui ont déposé la silice du ciment, les formes en aile d'avion et en fuseaux étant particulièrement suggestives des régimes d'écoulement. Il faut encore prendre en compte que lors de l'envahissement des paysages par le permafrost, le fond des vallées et donc les zones de source sont gelées, la nappe n'a alors plus d'exutoire, on dit qu'elle est confinée. Si le permafrost continue de s'approfondir, l'eau de la nappe gèle et avec l'augmentation de volume lié au passage eau-glace génère des pressions dans la nappe. Les écoulements ne se font plus par gravité, mais l'eau est injectée dans des fractures et s'écoule en surface par des *taliks* (une structure de sol dégelé durant toute l'année qui se trouve au milieu d'un

permafrost). Les régimes hydrauliques de la nappe soumise au gel génèrent des morphologies contrastées fig. (5).

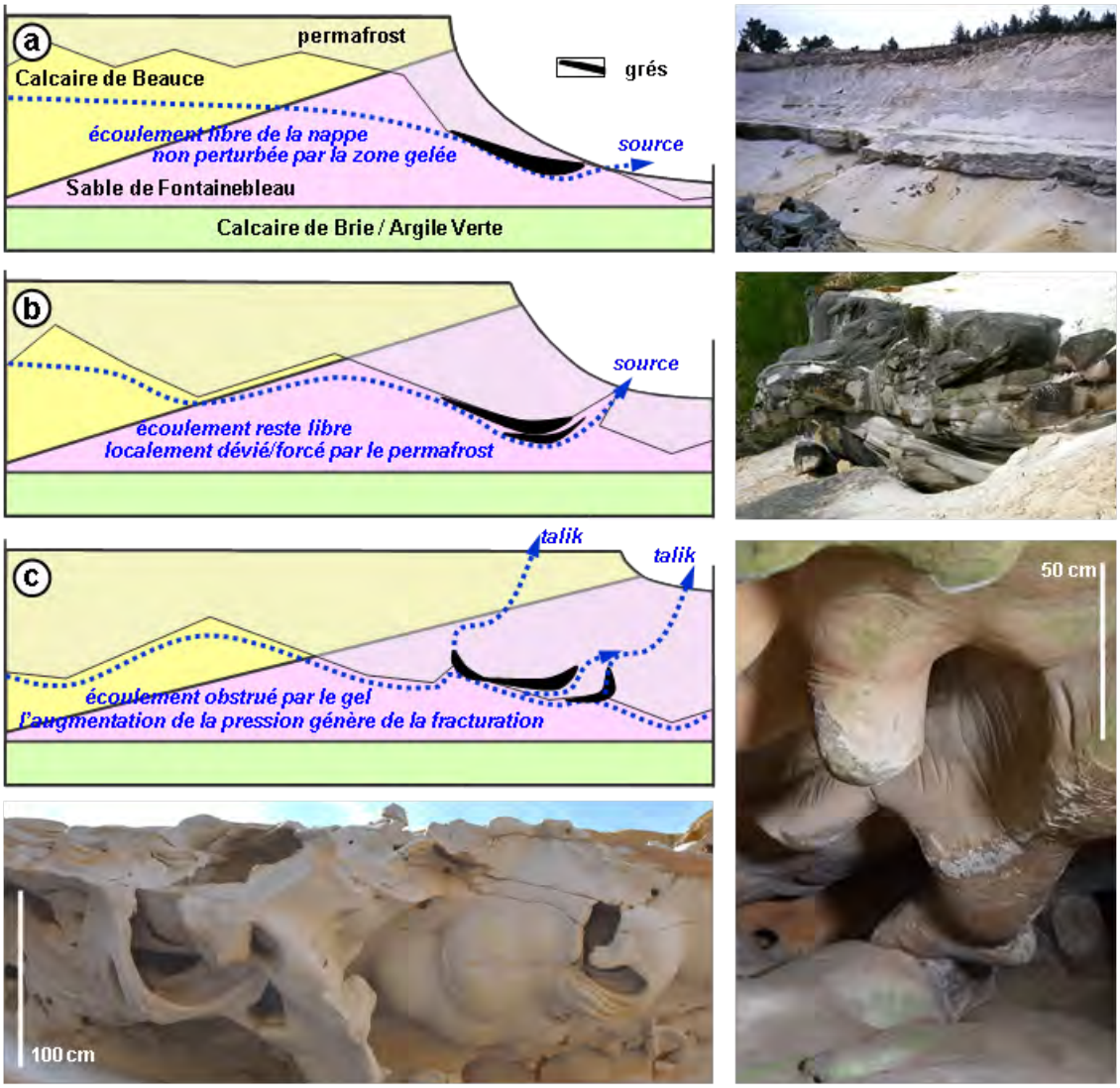

Figure 5 – Schéma de la formation des Grès de Fontainebleau pendant les périodes froides du Quaternaire. (a) Dans le schéma présenté la nappe reste libre, son écoulement n'est pas affecté par le permafrost, les grès forment des dalles horizontales ; photo carrière Bourron-Marlotte (77). (b) Quand le permafrost s'enfonce (s'épaissit) la nappe s'écoule le long d'une interface irrégulière, les grès « fossilisent » ces écoulements et montrent des structures obliques et courbes en fuseau ; photo carrière du Bois de l'Abesse, Darvault (77). (c) Quand le permafrost s'approfondit, la nappe est confinée et mise sous pression, les écoulements se font par les fractures croisées, les grès sont très contournées ; photo de droite abri Boussaingault, Prinvaux, Boigneville (91) ; photo de gauche carrière Samin, Ronceveaux, Buthier (77). L'échelle verticale des schémas a été exagérée pour leur lisibilité, de ce fait les pentes représentées sont très fortement exagérées.

1) En début de période froide, quand l'épaisseur du permafrost reste limitée et ne fait qu'effleurer la nappe, ou que c'est une zone refroidie non-gelée qui vient au contact de la nappe, ce sont des dalles horizontales qui se forment (fig. 5a).
2) Avec l'approfondissement de la zone gelée, et si les zones de source restent ouvertes, les écoulements peuvent localement être forcés sous la zone gelée imperméable, ils jouent « à saute montons » en descendant et remontant sous la zone gelée. Les silicifications présentent

alors des formes allongées en fuseaux et ailes d'avion, qui peuvent fusionner, et, pour finir présenter, des formes contournées, avec sable non cimenté entre les corps allongés (fig. 5b).

3) Quand le permafrost continue de s'approfondir, les sources dans les vallées gèlent, la nappe n'a plus d'exutoire, le gel de l'eau augmente la pression dans la nappe et une fracturation hydraulique peut recouper les sables gelés. L'eau de la nappe est alors injectée dans des structures verticales et contourne des blocs de sable gelé. Il en résulte des morphologies complexes avec murs et piliers verticaux entre des masses de grès horizontales plus régulières (fig. 5c doite). C'est dans ces conditions que se forment les « coques » de grès de 3-10 cm d'épaisseur, enfermant du sable non-cimenté, qui sont connues en carrière, mais trop fragiles pour subsister à l'affleurement (fig. 5c gauche).

Les morphologies que nous venons de mettre en relation avec la dynamique du permafrost ont une distribution régionale polarisée. Des dalles de grès horizontales prédominent dans le nord, dans la zone d'affleurement des Sables de Fontainebleau le long de l'escarpement du Plateau de Beauce, sous une couverture calcaire réduite ou même sans couverture calcaire (nord de la Forêt de Fontainebleau, Moigny-sur-Ecole, La Ferté-Alais, Beauvais Les Grands-Arvaux). Des masses de grès plus irrégulières, avec des formes courbes et des concavités sont fréquentes sous une couverture calcaire d'environ 10 m d'épaisseur le long des vallées qui incisent le plateau de la Beauce (Vaudoué, Boissy-aux-Cailles, Maisse, Buno-Bonnevaux, Larchant, Nemours, Darvault). Enfin, vers l'extension la plus méridionale des Sables de Fontainebleau (région de Pithiviers) existent des masses de quartzites aux formes tourmentées sous 20-40 m de couverture calcaire (de Boigneville et jusqu'à Boulancourt en haute vallée de l'Essonne). Les formes les plus extravagantes, véritables dentelles, sont visibles dans la sablière de Roncevaux (Thiry et al., 2017) mais on ne peut pas retrouver à l'affleurement car trop fragiles. Ce gradient nord-sud correspond à une évolution spatio-temporelle des conditions hydrologiques induites par un approfondissement progressif du permafrost pendant les périodes froides qui se superpose à un approfondissement de la couche des Sables de Fontainebleau sous le Plateau de Beauce (Fig. 6).

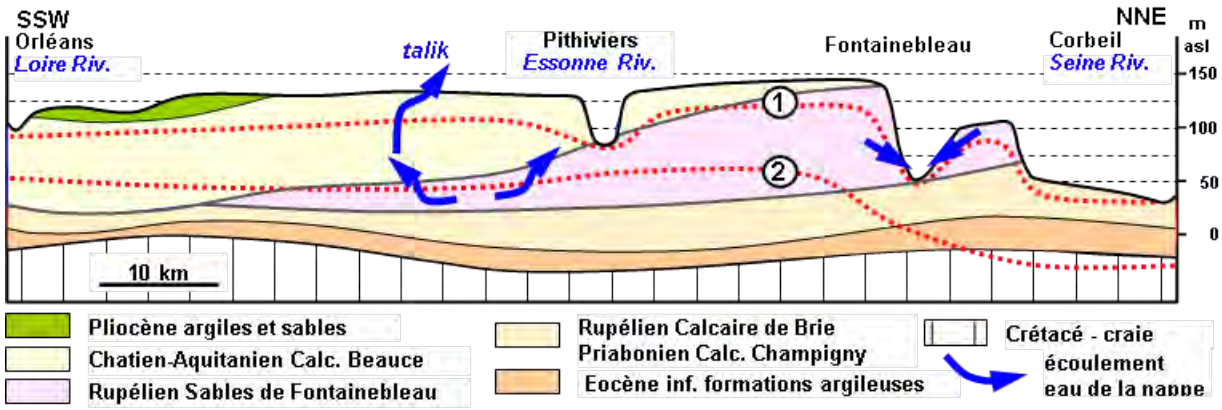

Figure 6 – Coupe géologique à travers le Plateau de Beauce montrant l'agencement des sables de Fontainebleau en relation avec l'approfondissement progressif du permafrost avec le temps. (1) Permafrost limité au début de la période glaciaire qui conduit à la formation de dalles de grès horizontales sur le haut de la nappe. (2) Épaississement du permafrost au cours du maximum glaciaire. La nappe est confinée et sous pression. Elle se décharge par des zones non-gelées qui recoupent le permafrost (*taliks*) et des masses silicifiées très irrégulières se forment autour de

blocs de sable fracturés. Les arrangements intermédiaires conduisent aux morphologies variées observées dans la zone méridionale du Massif de Fontainebleau.

3.2. Peut-on prédire la morphologie des grès en fonction de la dynamique du pergélisol ?

Même si cette analyse globale paraît « séduisante » elle ne répond pas au problème qui a motivé la rédaction de cette note : trouver un guide de prospection, ou plus simplement une explication à la distribution régionale des abris gravés. Des abris résultant du l'évidement de sables gelés lors de la silicification peuvent se former sur une grande étendue de l'extension méridionale des sables de Fontainebleau. La distribution des morphologies de grès en fonction de la dynamique du permafrost révèle une tendance régionale, elle n'a pas de valeur prédictive des morphologies gréseuses particulières effectivement présentes dans un secteur. Les morphologies prises en référence ne s'excluent pas mutuellement. Ainsi, dans le sud de la vallée de l'Essonne, des morphologies complexes liées à un confinement de la nappe sous un permafrost épais ont pu se former pendant les premières périodes glaciaires quand la vallée de l'Essonne n'était pas encore entaillée, alors que des dalles horizontales et compactes ont pu s'y former lors des dernières périodes glaciaires quand la vallée de l'Essonne était entaillée. De même, des grès en fuseaux divergents existent localement dans les grès du rebord nord du Plateau de Beauce, même si les dalles horizontales correspondant à des silicifications au niveau d'une nappe libre y prédominent.

4 Les volumes non-silicifiés inclus dans les dalles

4.1 Résidus sableux non-silicifiés dans les grès

Si un volume de sable moins perméable existe au sein d'un sable plus perméable il sera contourné par les écoulements phréatiques. Dans la perspective d'une silicification de nappe, le volume moins perméable ne sera pas cimenté mais pourra être entièrement ou partiellement inclus dans le grès, sans particulièrement perturber la cimentation de ce dernier (fig. 7).

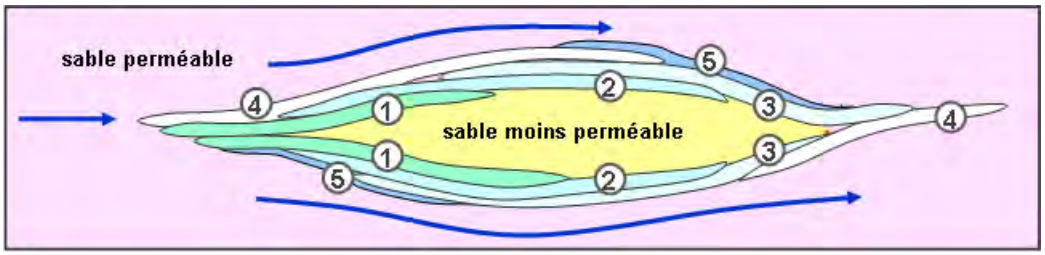

Figure 7 – Schéma montrant la conservation de zones sableuses, non silicifiées, au sein d'une dalle gréseuses. Les numéros indiquent les étapes successives de silicification. Échelle variable entre 0,1 à 5 mètres.

On peut envisager que l'imperméabilité du volume contourné est due à la nature du sable ou au gel du sable. En effet, les sables gelés sont imperméables. C'est la fracturation hydraulique de sables gelés qui est sûrement à l'origine des morphologies de grès à fines coques silicifiées emprisonnant des sables blancs et purs comme ceux présents dans la carrière SAMIN à Buthiers (fig. 5c). Les volumes isolés par le grès sont relativement isométriques, typiquement compris entre 0,5 et 3 m^3. Les volumes gelés ne présentent pas de relations particulières entre eux, ce sont les fractures « hydrauliques » qui déterminent les volumes. En revanche ils peuvent s'imbriquer les uns dans les autres car les eaux de la nappe injectées à une température de 10-12°C dégèlent progressivement le sable et font évoluer les interconnexions hydrauliques. Par ailleurs, les volumes moins perméables peuvent correspondre à des faciès sédimentaires primaires : sables plus fins, légèrement argileux, à matrice carbonatée fine ou cristallisée. C'est typiquement le cas des agrégats de cristaux de calcite de Fontainebleau, formés lors de l'altération des sables, emprisonnés ensuite dans les grès, et qui se dissolvent à l'affleurement laissant voir leur empreinte dans le grès (Thiry, 2016; Thiry et al., 2020). Ces calcites négatives sont démonstratives du phénomène, mais ne donneront jamais des cavités aptes à être gravées (des volumes assez importants sont possibles, mais leurs parois hérissées de pointes ne se prêteront surement pas à la gravure). En revanche, des corps sédimentaires singuliers sont, selon toute vraisemblance, à l'origine de très nombreux abris gravés. Les sables non-cimentés isolés au sein de grès se vident ensuite lors de la fracturation des dalles de grès. Les volumes évidés sont à l'origine de très nombreux abris gravés. On peut estimer que 50 à 75% des surfaces gravées correspondent à des abris formés de cette manière et que près de 100% des abris qui ont un plancher en grès (gravé ou non) résultent de l'évidement de corps sédimentaires qui n'ont pas été cimentés.

Certaines caractéristiques morphologiques des abris permettent de les relier à ce phénomène d'évidement (fig. 8). Les abris allongés horizontalement refermés entre voûte et plancher sont à rattacher à des évidements, c'est aussi le cas de certains abris ouverts en auvent qui peuvent correspondre à de tels évidements qui ont été recoupés à l'escarpement par une fracture. La succession des abris de La Ségognole est un bon exemple de « saucissonnage » d'un évidement allongé sur près de 50 m dans les blocs qui restent subjointifs et reconnaissables. L'os à moelle à Buno-Bonnevaux est particulièrement spectaculaire et s'interprète aussi de la même manière. De beaux exemples existent aux Pentes de Courcelles à Nanteau-sur-Essonne, à d'Huison-Longueville, à la butte de la Justice à Boutigny-sur-Essonne, Buthiers, etc. D'autres volumes moins orientés, plus isotropes et même irréguliers sont également à relier à cette catégorie d'évidement de corps moins perméables, c'est le cas de la grotte Boussaingault à Boigneville, les Masures brûlées également à Boigneville, la grotte GI's d'Augerville-la-Rivière, La Seigneurie à Buno-Bonnevaux, etc. Enfin, sont à rattacher à la catégorie des évidements les grottes sans plancher de grès qui s'évident à la base des dalles de grès. Il en est ainsi de la Grotte à la peinture de Larchant, des évidements à la base de la dalle de La Seigneurie à Buno-Bonnevaux, et d'autres. Néanmoins, ces évidements peuvent aussi résulter de l'évolution des écoulements hydrologiques au cours de la silicification et correspondre à la

bordure « naturelle » irrégulière de la silicification. Peut-être, mais les bordures des lentilles silicifiées sont elles aussi la traduction d'une diminution de porosité : toutes les silicifications se sont faites au contact d'un front froid et très sûrement dans les sables les plus perméables.

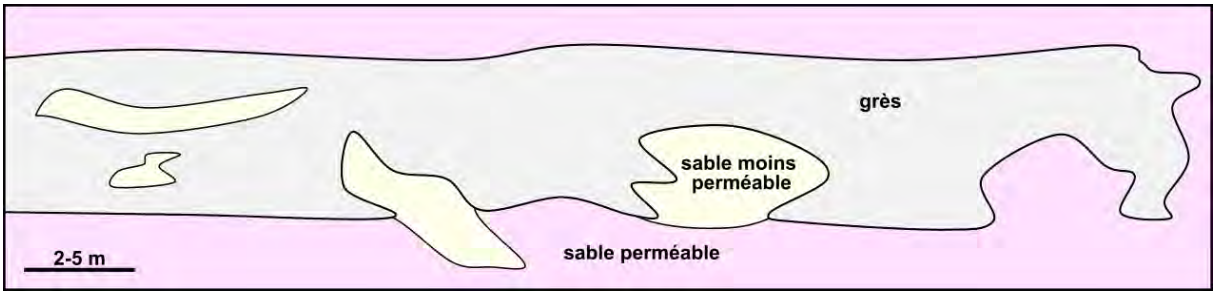

Figure 8 – Schéma montrant la formation de cavité dans et à la base d'une dalle de grès par évidement de sables moins perméables qui n'ont pas été silicifiés. Les grottes peuvent aussi correspondre à des zones non atteintes par les écoulements dans une évolution générale de l'hydraulique, comme la terminaison latérale d'une dalle.

4.2. Peut-on prédire la présence de volumes non-silicifiés dans les dalles ? ?

Là encore l'analyse géomorphologique de ces cavités et grottes n'apporte aucun élément qui puisse être un indice pour échafauder une stratégie de prospection des abris gravés. La distribution des volumes sédimentaires n'est pas prévisible. On pourrait être tenté de les rattacher à des structures de dépôt au sein de la séquence sédimentaire des Sables de Fontainebleau. Même s'il est théoriquement envisageable de reconnaître des structures sédimentaires à l'origine d'un évidement, ces structures ont été érodées/vidées et ne peuvent donc plus être un guide ! Outre cette difficulté, les volumes non touchés par la silicification ne sont pas des structures primaires, mais des structures secondaires non affectées par l'altération blanchissante des sables et ces volumes épargnés par l'altération ont sûrement une répartition relativement aléatoire par rapport aux volumes primaires. Il n'y a pas d'échappatoire au désordre !

5 Les grands alignements gréseux

A l'ouest de Fontainebleau, les grès arment les paléodunes au sommet des Sables de Fontainebleau et forment des crêtes parallèles qui s'allongent sur des kilomètres, voire des dizaines de kilomètres (fig. 9). Ce sont ces alignements gréseux qui ont conduit à l'hypothèse synsédimentaire de la silicification au sommet de dunes par évaporation des eaux de la nappe nourrie par les lacs inter-dunaires (Alimen, 1936). Ces alignements de grès n'existent que dans la région entre Fontainebleau et Etampes où les rivières recoupent les paléodunes perpendiculairement aux alignements. Cette relation géométrique entre les paléodunes et les vallées a donné lieu à une disposition hydrologique spécifique qui a favorisé leur silicification.

Les alignements gréseux sont essentiellement formés de dalles épaisses et massives. Elles ne présentent que rarement des structures en fuseaux, mais des évidements sont présents. La régularité des dalles de grès correspond à l'idée qu'on se fait des conditions hydrologiques de ce secteur : les grès de ces paléodunes se sont formés à une profondeur relativement faible, donc au début des périodes glaciaires, et en contexte de nappe libre. Il existe néanmoins sous ces alignements gréseux des dalles plus profondes qui « flottent » au milieu des sables.

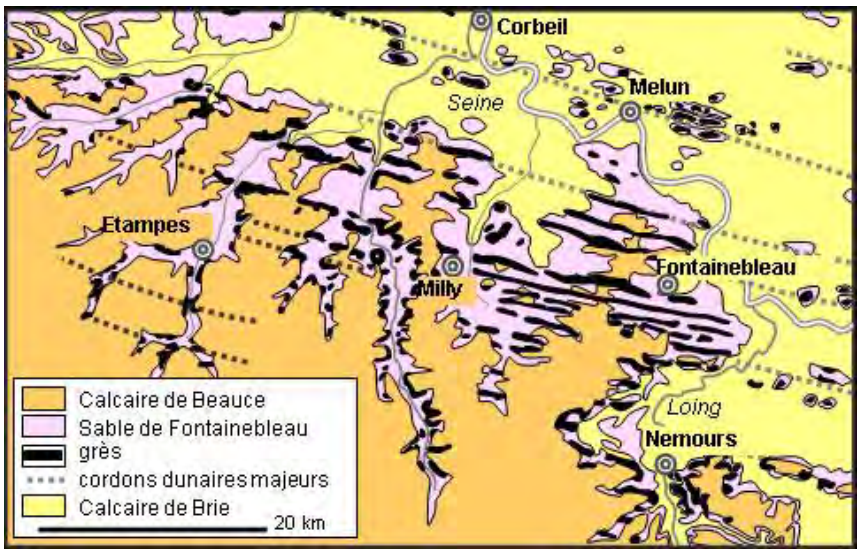

Figure 9 – Aligements gréseux correspondant à la silicification préférentielle des paléodunes littorales au sommet des sables de Fontainebleau. Carte d'après Alimen (1936).

Les abris gravés sont particulièrement liés aux alignements gréseux dans la partie nord de la zone d'affleurement des Sables de Fontainebleau et en rive gauche de la Seine et du Loing jusqu'à Nemours (fig. 10). Au regard de cette carte, on pourrait être tenté de penser que ce sont principalement les alignements gréseux qui contiennent les abris gravés. Mais il ne ressort pas d'alignements dans la vallée de l'Essonne, ni dans la vallée de l'Ecole, ni dans le massif des Trois Pignons au Vaudoué, ni dans l'ouest du « golfe » de Larchant, alors que de nombreux abris y ont été inventoriés (environ 200 sur le golfe de Larchant ?). En fait, on ne perçoit pas les alignements dans les vallées car les dalles de grès n'y montrent pas d'allongement puisqu'elles sont masquées et/ou disparaissent sous la couche calcaire du plateau. Néanmoins, il faudrait analyser avec plus de détail la répartition des abris le long des vallées (donc perpendiculairement aux alignements) pour voir s'il n'existe pas une périodicité des sites gravés, séparés par de zones sans grès qui marquerait une concordance entre les abris et les paléodunes grésifiées. En revanche, Les Trois Pignons et le « golfe » de Larchant ne présentent pas d'alignement marqué, les dalles et les masses de grès sont de distribution plus erratique. Cependant, des alignements marqués existent sur la bordure nord du golfe (Dame Jouanne) et sur sa bordure sud (Puiselet-Nemours-Darvault). Un point qui est obscur pour moi (car je ne connais que peu d'abris gravés) est la nature des abris gravés liés aux alignements : évidements ou grottes sans plancher gréseux à la base des dalles (type peinture à Larchant ou Seigneurie) ? En rapport avec le schéma de diversification des morphologies du nord-sud, avec dalles de grès moins régulières et

moins étendues, on peut tabler sur une fréquence relativement élevée des grottes sans plancher gréseux à la base des dalles dans les secteurs méridionaux. .

On sait aussi que même dans les secteurs septentrionaux, où les alignements sont bien marqués, existent des dalles de grès à des niveaux inférieurs, d'ailleurs souvent allongées en travers des alignements. Au moins deux de ces dalles inférieures ont donné des blocs avec abris gravés (La Ségognole et Courdimanche) et d'autres existent (Béorlots, …).

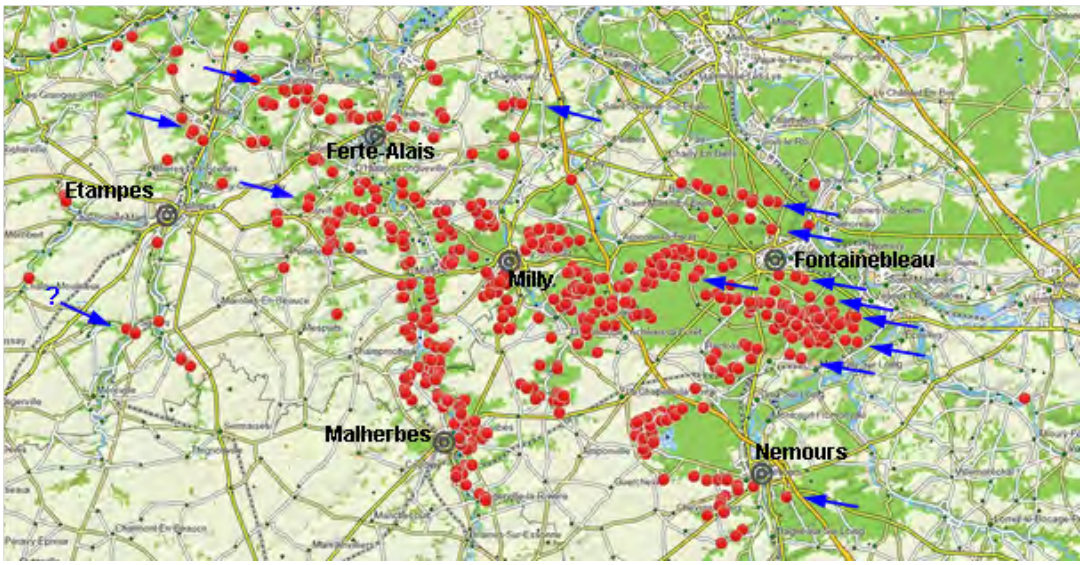

Figure 10 – Carte des abris gravés (cartographie Michel Rey). Les abris inventoriés soulignent les alignements gréseux dans le nord e la zone d'affleurement des sables de Fontainebleau. Les flèches pointent les alignements d'abris qui correspondent aux alignements dunaires majeurs de la carte de Alimen (1936).

6 Les abris non-gravés ?

Les réflexions sur le cadre géologique dans lequel se sont formés les abris sont intéressantes pour un géologue, mais ne donnent donc aucune piste de prospection systématique et n'apportent finalement rien à l'archéologue. Surtout que le « cœur » du terrain a déjà été prospecté de manière systématique. Même si de nouveaux abris sont périodiquement découverts, c'est surtout sur les zones périphériques que se font les découvertes. Avec un schéma de formation des abris ou sans, le problème reste le même : il faut visiter systématiquement chaque bloc et en faire cinq fois le tour.

En revanche, reste une question à laquelle il n'a jamais été répondu. Quelle est la nature des abris et cavités qui n'ont pas été gravés ? Est ce que tous les abris et cavités à cortex « gravable », c'est-à-dire à cortex friable, ont été gravés ou non ? Traduit en termes de questionnement archéologique, cela donne : 1) y-a-t-il eu choix des abris qui ont été gravés ? 2) quels abris n'ont pas été gravés ? 3) plus précisément y-a-t-il des abris « gravables » qui n'ont pas été gravés ? 4) y-a-t-il eu « saturation » de toutes les possibilités de gravure ?

La pierre d'achoppement est la définition de la « gravabilité » d'une surface. Quand on parcourt les chaos, il y a toujours un abri qui apparait de façon intuitive comme non-gravable. Pas de cortex friable

sur lequel se distinguent les grains de quartz et qui s'effrite légèrement au touché, mais au contraire une surface plus lisse, sans grain discernable, à l'évidence plus dure. Ces surfaces dures et lisses étant éliminées, il reste les autres, qui semblent toujours gravables, mais au prix de quel effort ? Quel est l'investissement que le graveur préhistorique était prêt à y consacrer. Pour cela il faut définir la limite gravable/non-gravable par des critères les plus objectifs possibles. La définition doit s'appuyer sur les gravures existantes. Si on veut répondre aux questions posées il faudra cerner une limite inférieure et supérieure. Cela sera sûrement impossible sans toucher aux panneaux gravés, vu l'échec de nos tentatives d'apprécier la densité (porosité) du cortex par propagation du son (Cantin et Thiry, 2017). Alors ? Tester des zones vierges entre les gravures de la manière la moins destructive possible (poinçon effilé à la main) ? ou ne rien faire et laisser la question en l'état ?

La dénomination « abris gravés » sous-entend volumes « logeables », comme ceux qui présentent des panneaux touffus, à motifs subjointifs, avec éventuellement des quadrillages. Les petites cavités avec 2 à 10 traits ne sont peut-être pas un référentiel, ou dans un premier temps devraient être distinguées des cavités plus amples. Il a souvent été cité un petit renfoncement à côté de l'abri Ségognole 5 qui n'a pas été gravé par les hommes préhistoriques mais dans laquelle a été réalisé une gravure « artistique » moderne. C'est typiquement le contre exemple qu'il faut éviter : petit logement, et on ignore le temps qu'a passé le graveur moderne pour effectuer son œuvre. A-t-on été pour cette œuvre dans des modalités de gravure facile/rapide, comme celles testées expérimentalement (Cantin et al., 2022) ? Pour ma part ce n'est pas le cas. Il faudrait demander à l'auteur de l'œuvre combien de temps il a passé pour graver les quelques sillons de l'œuvre. C'est la difficulté énoncée ci-dessous, il faut avoir un référentiel établi à partir des gravures préhistoriques.

7 Extension des gravures rapportées au Mésolithique

Par le passé a été évoqué la notion de territoire bellifontain des graveurs mésolithiques, en argumentant qu'il n'y avait pas d'abri gravé à l'ouest d'Etampes (en particulier en vallée de Chevreuse) ni de sites gravés en rive droite du Loing (Poignant, 2015). Depuis, des sites ont été reconnus à l'ouest dans la région de Rambouillet (Laurent Valois, communication orale à Boris Valentin) et à l'est de Nemours, à Villemanoche, en bordure de la vallée de l'Yonne.

Ailleurs, des abris gravés de motifs géométriques ont été repérés à environ 100 km au nord du Massif de Fontainebleau, dans de petits chaos gréseux (Vertus, 1864 ; Parent, 1964 ; Hinout, 1967, Hinout et Angelier, 1968 ; Bouvry, 1996). Ces abris gravés des départements de l'Aisne et de l'Oise ont été revisités et compilés récemment par A. Bénard (2019). Mêlés à de nombreuses gravures historiques se distinguent nettement de profonds sillons naviformes disposés en séries et, de manière dispersée, des quadrillages similaires à ceux des Grès de Fontainebleau. Les grès gravés sont ceux des Sables de Bracheux, de Cuise et d'Auvers-Beauchamps. Ce sont des grès en tout point comparables à ceux de Fontainebleau : dépôts marins incisés au cours du Quaternaires, qui ont été altérés/blanchis puis silicifiés par l'écoulement des

nappes phréatiques au cours de périodes glaciaires. De cette similitude des supports gravés il ressort que ce n'est probablement pas une question de territorialité mésolithique, mais que c'est bien le support qui prime pour ces gravures, ou du moins de ce qui nous est parvenu. En effet, il faut garder à l'esprit que toutes les gravures connues sont situées dans des abris non-calcaires et protégés des intempéries. Il n'y a aucune donnée objective qui permette de réfuter que des gravures similaires ont pu exister à l'extérieur des abris, éventuellement sur grès plus durs avec des traces moins profondes qui ont été altérées depuis. En effet, différents indices permettent d'estimer que les blocs de grès des chaos bellifontains (hors surfaces lustrées) se dissolvent d'environ 1mm/siècle, ce qui correspondrait à une perte de masse d'environ 10 cm d'épaisseur en 10.000 ans, et qui ne laisse aucun espoir retrouver des traces de gravures extérieures. De même, on ne peut pas exclure que des supports calcaires ont pu être gravés, ces derniers étant encore plus sensibles à l'altération que les grès en abris/galeries ils peuvent avoir été recouverts par des concrétions calcaires.

Pour ce qui concerne les Grès de Fontainebleau, trois régions périphériques au secteur Fontainebleau-Etampes qui n'ont pas ou peu été prospectés méritent sûrement plus d'attention (Fig. 11).

1) Au nord-ouest du Massif de Fontainebleau et au sud de la Seine, les secteurs de la vallée de Chevreuse, de Rambouillet, Versailles, Trappes et la Forêt des Alluets présentent des grès tout à fait similaires à ceux de Fontainebleau, avec dalles superposées, dalles supérieures plus massives comme à Fontainebleau. La différence majeure réside dans l'absence d'alignements gréseux. Les paléodunes existent mais les plateaux calcaires sont plus découpés et les paléodunes sont recoupées en biais par les rivières et de ce fait n'ont pas été des structures qui ont favorisé les écoulements et donc les silicifications. Les bois privés sont nombreux, mais pas plus que dans la vallée de l'Essonne, étant cependant plus souvent clôturés dans cette région plus proche de la banlieue parisienne. Au nord de la Seine, les Sables de Fontainebleau subsistent dans de vastes buttes résiduelles, parmi lesquelles les buttes de Montmorency, Évecquemont, Aincourt, et les buttes au nord de Mantes-la-Jolie. Du fait de l'inclinaison des couches sur la bordure sud de l'anticlinal du Pays de Bray, les grès sont essentiellement limités sur la bordure sud des buttes. Les grès y sont apparemment moins abondants, en dalles régulières et moins épaisses. Ces buttes paraissent moins propices que les sables au sud de la Seine, mais méritent qu'on y consacre quelques jours de prospection exploratoire.
2) Au nord-est du massif de Fontainebleau, en rive droite de la Seine et au sud de la Marne, toute l'étendue du Plateau de Brie supporte des buttes résiduelles de Sable de Fontainebleau. Les buttes sont d'importance variables, mais sont systématiquement couvertes de grès. Elles s'alignent selon des directions est-ouest et correspondent aux alignements gréseux typiques de la région bellifontaine (fig. 9). À l'est du plateau, la butte de Fontaine-sous-Montaiguillon cumine à 40 m au-dessus du Plateau de Brie et la dalle de grès a fait l'objet d'exploitations. Dans son prolongement ouest, la butte des Tertres près de Villiers-St Georges comporte plusieurs anciennes exploitations de sable et de grès. Plus près de Fontainebleau, les buttes au

nord de Melun, en cours d'urbanisation, sont couronnées de chaos de grès. Plus au sud, face à Fontainebleau, c'est l'éperon occidental de la Forêt Domaniale de Champagne (entre Héricy et Champagne) qui présente un massif de grès conséquent. Enfin, sur le rebord méridional du plateau, sur les coteaux de la vallée de la Seine ce sont les buttes de Montereau et St Germain-l'Aval qui sont également couronnées de grès.

3) Au sud-est du massif de Fontainebleu, entre Seine-Yonne et Loing, se différencient deux entités géomorphologiques. A l'est, en rive droite du Loing, les Sables de Fontainebleau forment une couche épaisse et relativement continue de sables blancs à dalles de grès superposées. Les plus importantes sont en bordure des reliefs et sont massives, tandis que latéralement existent des dalles faites de l'amalgamation de fuseaux de grès avec cavités évidées. Ce sont le massif de Beauregard au sud de Nemours, la côte de Darvault très exploitée par des carrières de sable et de grès, vers l'est les flancs de vallée de Nanteau-sur-Lunain. Apparemment, le secteur au sud de Nemours qui comporte de nombreux sites fouillés est très pauvre en gravures. Peut-être en raison de la nature du grès (plus grossier ? ou autre, et qui n'a d'ailleurs jamais été exploité de façon intense). Se rattachent à cet alignement méridional un alignement septentrional (2 km au nord) entre Treuzy-Levelay, Villemaréchal, St Ange, Chevry-en-Sereine. Au nord et vers l'est s'étend un plateau incisé par l'Orvanne aux flancs de vallée peu escarpés et reliefs de plus en plus abaissés posés sur les plateaux à argiles à silex et conglomérats de galets de silex. On y individualise néanmoins distinctement un alignement de buttes à sables et grès de Fontainebleau qui correspond d'ouest en est aux reliefs de Villecerf, Dormelles, Voulx, et qui se suit jusqu'à la vallée de l'Yonne, à Villemanoche et Pont-sur-Yonne. Un dernier alignement se distingue à environ 2 km au nord avec l'alignement de reliefs comportant des sables et grès de Fontainebleau de Ville-St Jacques, Noisy-Rudignon et Montmachoux. Le problème est que les buttes au relief abaissé ne comportent pas de chaos bien dégagé, mais des blocs de grès épars existent partout dans les bois, souvent creusés par des carrières de grès. C'est une prospection difficile, mais la découverte d'abris gravés élargirait de manière significative le territoire des graveurs mésolithiques.

La rareté des données dans les régions périphériques du Massif de Fontainebleau résulte probablement d'un déficit de prospection en raison de leur éloignement de la région bellifontaine où la dynamique du GERSAR suscite le « recrutement » de prospecteurs. L'intérêt d'étendre les prospections est évident. Les réaliser est sûrement un projet sur la durée. C'est une question de logistique et de stratégie. Les prospecteurs bénévoles sont prêts à consacrer du temps, mais aller au loin est fatigant et cher. Est-il envisageable de mettre en place des groupes locaux et de les accompagner ? Mais pour être attractif il faut déjà avoir des objets à montrer.

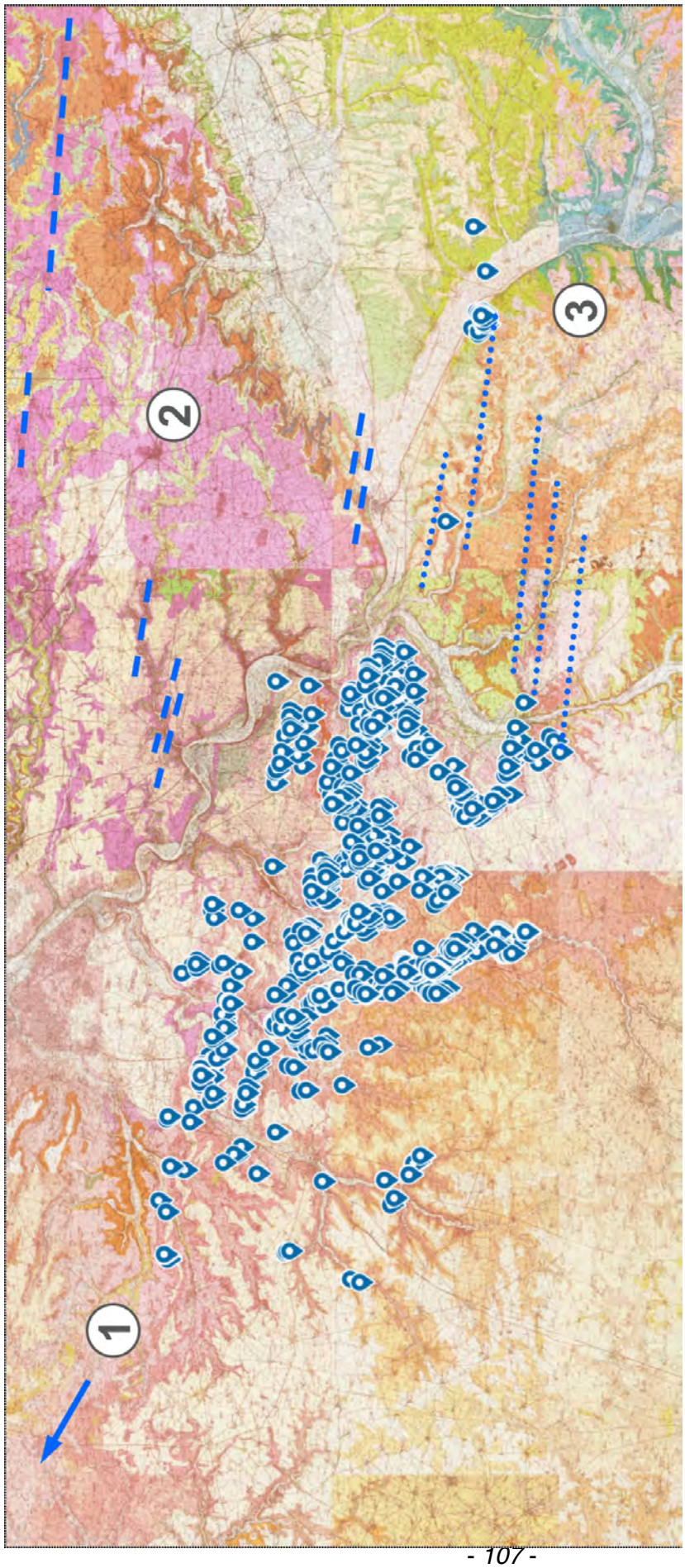

Figure 11 – Extension des Grès de Fontainebleau dans le sud du bassin de Paris.

(1) Vers l'ouest, les grès s'étendent jusqu'à 80 km au NW d'Etampes. Au sud de la Seine, Rambouillet, Versailles, Trappes et Forêt des Alluets ; au nord de la Seine, les buttes de Montmorency, Évecquemont, Mantes-la-Jolie et Aincourt.

(2) Vers l'est, ce sont les buttes résiduelles sur le Plateau de Brie, Esternay au nord (hors carte), Melun et Fontaine-sous-Montaiguillon dans la partie centrale, et Montereau et St-Germain-l'Aval au sud

(3) Vers le sud-est, sur les plateaux entre Loing et Seine, existent quelques buttes résiduelles alignées qui s'échelonnent du nord au sud : Ville-St-Jacques, Montmachoux ; Dormelles, Voulx, Villemanoche ; Villemaréchal, Chevry-en-Sereine ; Nemours, Darvault, Nanteau-sur-Lunain ; et Poligny qui est la dernière occurrence « reconnue » comme Sables de Fontainebleau vers le sud en rive droite du Loing.

Projection des abris sur fond de carte géologique 1/50.000 (géoprotail) par Michel Rey du GRESAR.

Bibliographie

ALIMEN H.
1936. Etude sur le Stampien du Bassin de Paris. Mém. Soc. géol. Fr. 31, 309 p.

BÉNARD A.
2019. l'art rupestre de Picardie. Aisne et Oise. Print Price, Corbeil-Essonnes, 65 p. ISBN 2-9513856-9-2.

BOUVRY, F
1996 L'art pariétal du Bassin parisien : les grès gravés des sables d'Auvers-Beauchamp, de Bracheux, de Cuise et de Fontainebleau. Mémoire de DEA, Université de Paris I, 2 volumes dactylographiés, 135 et 50 p.

CANTIN A., THIRY M.
2017. Mesurer la dureté des parois de grès gravées : premiers essais, *in* PCR - Gravures rupestres préhistoriques dans les chaos gréseux du Bassin parisien (ARBap). Étude, archivage et valorisation, Valentin B. (coordination), UMR 7041 - Université Paris 1, Rapport d'activités 2017, p. 243-259.

CANTIN A., VALENTIN B., THIRY M., GUÉRET C.
2022. Social context of Mesolithic rock engravings in the Fontainebleau sandstone region (Paris Basin, France): Contribution of the experimental study, Journal of Archaeological Science: Reports, Volume 45, 103554.

HINOUT, J.
1967. L'auvent grave du Géant. Coincy, Aisne. Bulletin de la Société préhistorique française, 64(7), p. 203-208.

HINOUT J., ANGELIER J.
1968 Abris gravés des massifs gréseux du Bassin parisien. Gallia préhistoire, 11(2), p. 235-246.

PARENT R.
1964. Grès incise et polissoir de Villeneuve-sur-Fère, près de Fère-en-Tardenois, Aisne, Bulletin de la Société préhistorique française. Comptes rendus des séances mensuelles, p. 121-123.

POIGNANT J., présentée et commentée par Benard A.
2015 Pourquoi le sud de Nemours, rive gauche du Loing, est-il si pauvre en art préhistorique mobilier et rupestre ? Bulletin du GERSAR, 66, p. 39-44.

THIRY M.
2013 (2016). Les Calcites de Fontainebleau : occurrence et genèse. Bull. Ass. Natur. Vallée Loing, 89(3), p. 111-133.

THIRY M.
2017. La Ségognole : propriétés et altérations des parois gravées, *in* PCR - Gravures rupestres préhistoriques dans les chaos gréseux du Bassin parisien (ARBap). Étude, archivage et valorisation, Valentin B. (coordination), UMR 7041 - Université Paris 1, Rapport d'activités 2017, p. 119-166.

THIRY M., BERTRAND AYRAULT M.
1988. Les grès de Fontainebleau : genèse par écoulement de nappes phréatiques lors de l'entaille des vallées durant le Plio-Quaternaire et phénomènes connexes.- *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 25, 4, p. 25-40.

THIRY M., INNOCENT C., GIRARD J.-P., MILNES A.R., FRANKE C., GUILLON S.
2020. Sand calcites as a key to Pleistocene periglacial landscapes. *Quaternary Research*, 101, p. 225-244.

THIRY M., LIRON M.N., DUBREUCQ P., POLTON J.-C.
2017. Curiosités géologiques du massif de Fontainebleau, Guide géologique, BRGM Editions., 115 p.

THIRY M., SCHMITT J.-M., INNOCENT C., COJAN I.
2013, Sables et Grès de Fontainebleau : que reste-t-il des faciès sédimentaires initiaux ? 14ème Congrès Français de Sédimentologie, Paris 2013, Trois excursions géologiques en région parisienne, Livre d'excursions, Publ. ASF, n°74, p. 37-90.

VERTUS (DE) A
1864. Histoire de Coincy, Fère, Oulchy et des villages, châteaux, monastères, hameaux environnants, ornée de dessins. Laon, Coquet et Stenger, impr., 132 p. Reédition 1967 par La Société Historique de Château-Thierry, 315 p.