

Fracturation des grès de Fontainebleau : les faits et les contraintes



Médard Thiry,

Référence :
No. Rapport : E161120MTHI

Centre de Géosciences
Ecole des mines de Paris, Fontainebleau,
France

Mines ParisTech
PSL Research University
Centre de géosciences
35, rue St Honoré,
77300 Fontainebleau, France

Référence type :

Thiry M. (2016). Fracturation des grès de Fontainebleau : les faits et les contraintes, Sortie géologique ANVL du 20 novembre 2016, livret guide, document pédagogique N° E161120MTHI, Centre de Géosciences, École des Mines de Paris, Fontainebleau, France, 8 p.

Ce document a été élaboré dans le cadre d'une sortie géologique pour l'Association des Naturalistes de la Vallée du Loing et les Naturalistes Parisiens.

Médard Thiry, Mines-ParisTech – PSL Research University - Centre de Géosciences,
35, rue Saint Honoré, 77300 Fontainebleau, France, medard.thiry@mines-paristech.fr



sortie géologique du dimanche 20 novembre 2016

livret guide

Fracturation des grès de Fontainebleau : les faits et les contraintes.

Médard Thiry

Mines ParisTech
PSL Research University
Centre de géosciences
35, rue St Honoré,
77300 Fontainebleau

medard.thiry@mines-paristech.fr

L'orientation commune des fractures et des platières fut un temps utilisée pour relier la grésification à des couloirs tectoniques (Obert et Pomerol, 1985). La restriction des grès aux zones d'affleurement et leur âge récent rendent caduque l'hypothèse tectonique (Thiry et al., 1988). Mais les fractures existent, elles sont post-silicification, et sont dues à des contraintes mécaniques liées à l'affleurement.

Ce sont surtout les grandes fractures verticales des platières gréseuses qui ont été décrites et discutées. En revanche, il n'a jamais été fait grand cas des fractures horizontales, serrées, presque partout présentes à la base des escarpements de grès. Les deux systèmes doivent être pris en compte.

Même si à priori on a tendance à imaginer des tensions très fortes pour générer les grandes fractures qui recoupent les dalles de grès très dur, on ne peut faire autrement qu'envisager leur formation dans le contexte superficiel de la formation des grès.

Contexte général

Si les grès sont récents, d'âge Quaternaire, leur fracturation est forcément encore plus jeune. Les grès ont été fracturés en subsurface, ou plus vraisemblablement à l'affleurement, en l'absence de toute couverture sableuse ou calcaire. Les grès n'étant pas enchâssés (confinés) dans le sable, il n'est pas possible de les fracturer par des contraintes "extérieures" (serrages ou cisaillements tectoniques). L'application de pressions/contraintes très fortes tendrait à faire "chasser" les lentilles de grès vers le haut, mais ne les briserait pas. En fait, les dalles de grès présentent une différence de fracturation selon qu'elles sont à l'affleurement ou contenues dans les sables sous couverture calcaire (Thiry *et al.*, 1984).

En carrière, les dalles de grès ne sont pas fracturées, dès que la couverture calcaire est continue et de 3 à 5 m d'épaisseur. Même les dalles d'épaisseur réduite (décimétrique) ne sont pas fracturées. L'absence de fracturation est une caractéristique des dalles de grès enchâssées dans les sables.

En revanche, à l'affleurement, sur les platières, la fracturation est forte et même souvent spectaculaire. Cette fracturation est donc consécutive à la mise à l'affleurement des dalles de grès, selon toute vraisemblance liée à la mise à l'affleurement. On distingue : (1) de grandes fractures verticales espacées de 1 à 5 m, qui peuvent parfois être suivies sur plusieurs décamètres ; (2) des fractures verticales transverses qui recoupent les lanières précédentes, leur espacement moyen est de 5 à 10 m ; (3) des fractures plus ou moins horizontales se développent dans la moitié inférieure des dalles gréseuses.

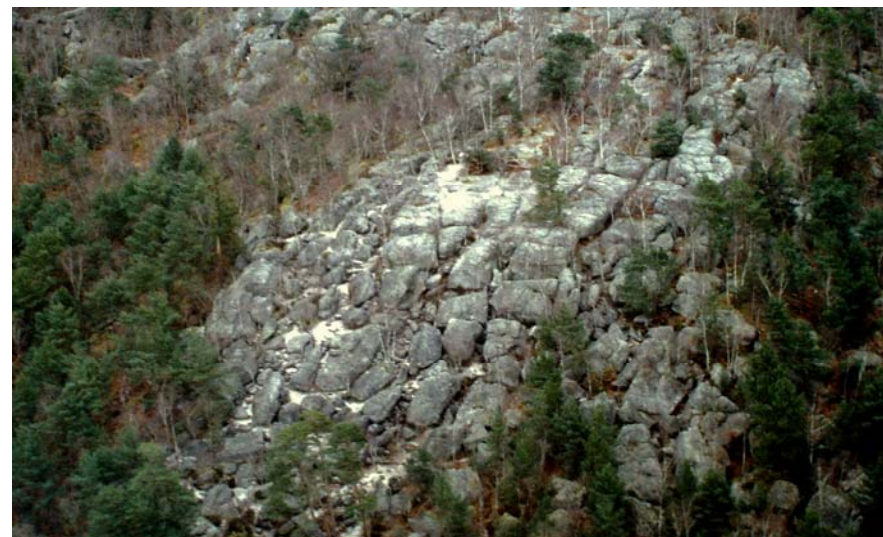


Photo aérienne de la platière de la Caverne des Brigands (vue vers l'Est). Pavés monumentaux pour une chaussée de géant. Fracturation mise en exergue par le glissement des blocs sur la pente.



Vue aérienne de la terminaison Ouest du Rocher de la Reine (vue vers le NNW).

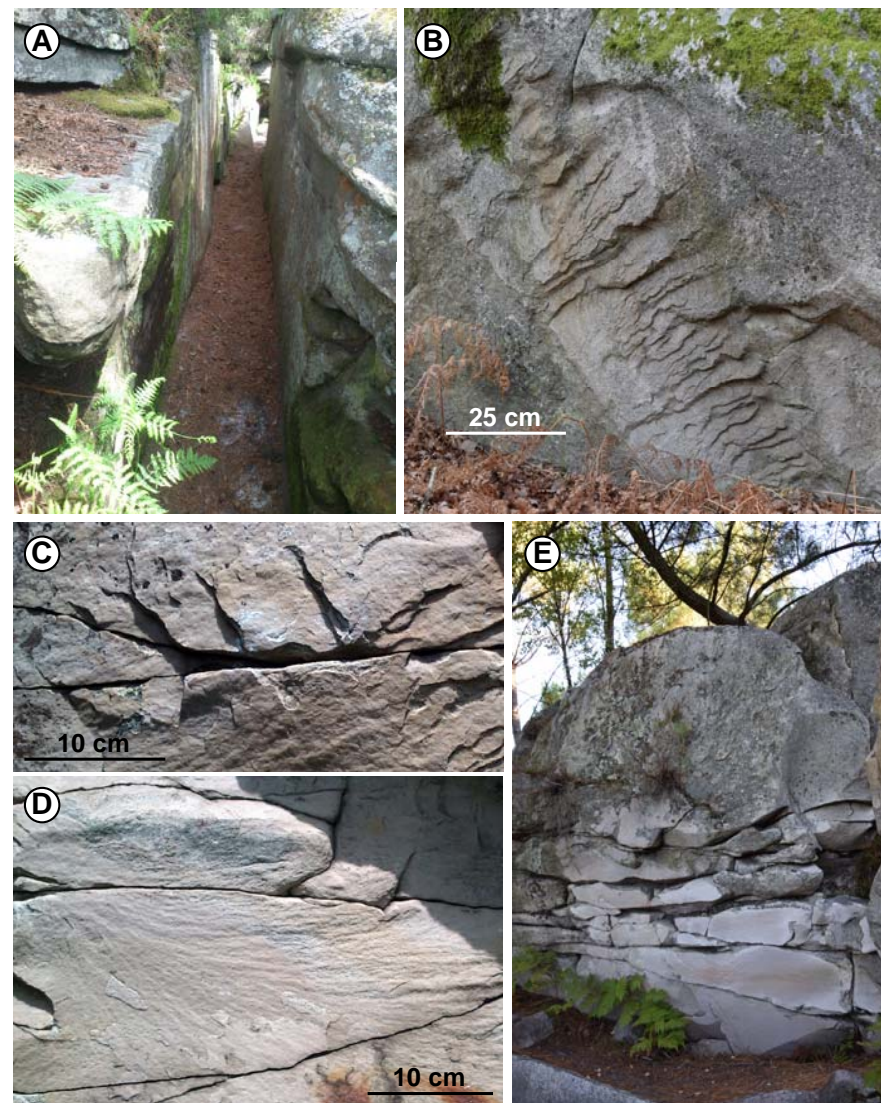
Les fractures verticales

Les fractures verticales majeures sont de direction moyenne N110, parallèles aux alignements gréseux, espacées de 1 à 5 m, elles peuvent parfois être suivies sur plusieurs décamètres. Des fractures verticales transverses recoupent les lanières N110, leur espacement moyen est de 5 à 10 m. Ces grandes fractures délimitent des damiers géants très spectaculaires sur les images Google Earth. Des fractures, diagonales au système précédent existent localement (par exemple autour de la Caverne aux Brigands, au Laris qui Parle, ...).

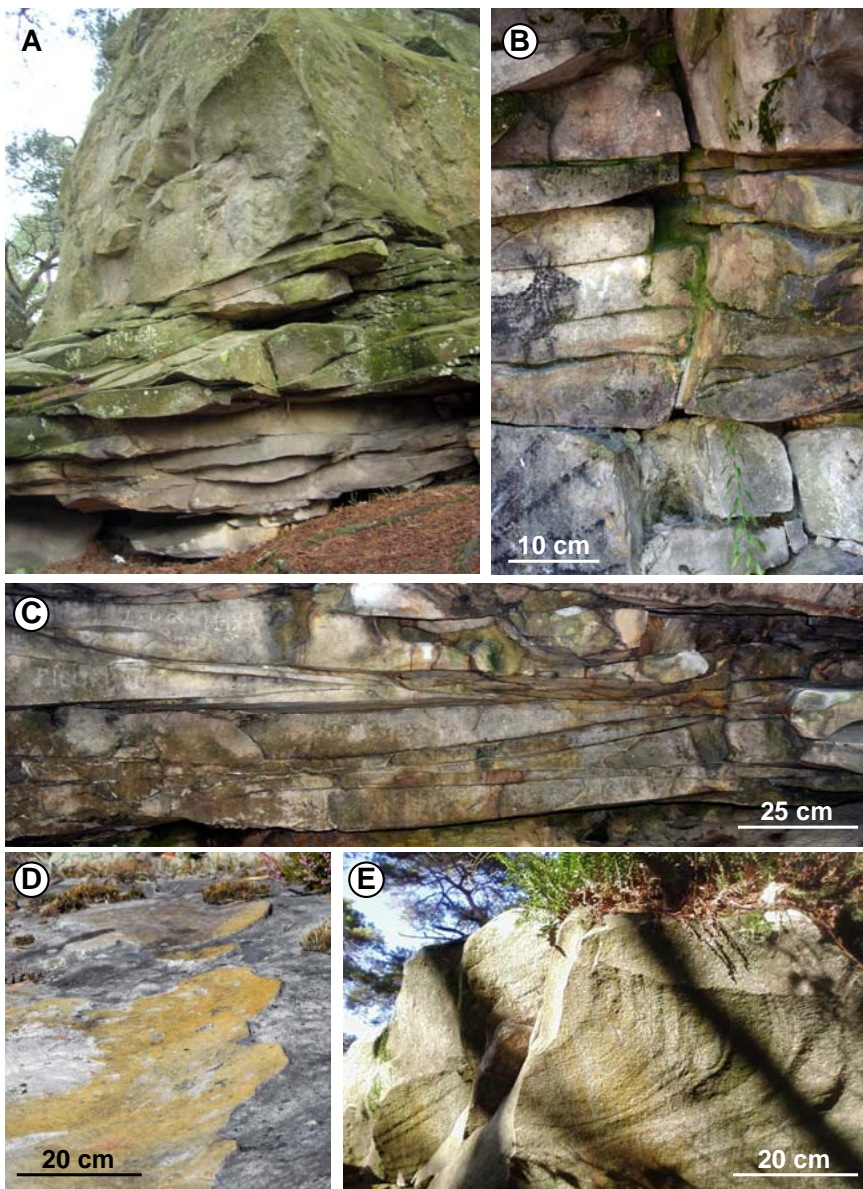
Les fractures "s'ouvrent" en bordure des platières par glissement des blocs sur la pente, et forment des labyrinthes entre les blocs ("étroitures" dans la toponymie du massif). L'agencement des blocs se maintient sur 2 ou 3 rangs, puis se disloque progressivement le long de la pente et les blocs s'arrondissent par altération.

Les fractures montrent différentes dispositions induites par la rupture du grès. Les plus communes sont des linéaments disposés en éventail ou en plume qui peuvent former des structures métriques. Des fentes dites en échelons forment des crochons d'arrachement de tailles comprises entre 0,1 et quelques dizaines de mm. Elles indiquent que des fentes obliques sur la fracture principale se sont formées au moment de la rupture, elles sont classiquement rapportées à des cisaillements, c'est à dire à des tensions plus ou moins parallèles au plan de fracture. Ces fractures ne montrent jamais de stries de glissement des blocs les uns contre les autres, elles ne sont pas en compression, ni en mouvement.

Enfin les fractures sont souvent imprégnées ou enduites par de la silice lustrée, brillante. Ces enduits sont post fracture, dus à l'infiltration des eaux superficielles le long des fractures. C'est une histoire post fracture.



Fractures verticales. A – "Étroiture" d'environ 0,80 m d'ouverture. Long Rocher, P549. B – série de crochons légèrement inclinés sur la surface de fracture principale. Rt_Desert, P711. C – Détail de petits crochons de directions orthogonales. Fontaine Marie, P242. D – Linéaments en éventail. Croix du Calvaire, P387. E – Enduit de silice lustrée post-fractures. Maison poteau, P114.



Fractures horizontales. A – Débit de la base du banc de grès en lames décimétrique par des fractures plates qui déterminent des losanges très aplatis. Croix du Calvaire, P387. B – Lames horizontales recoupées postérieurement par une fracture verticale. Croix du Calvaire, P387. C – Détail de fractures horizontales déci à centimétriques. Croix du Calvaire, P387. D – Croûte de silice lustrée sur fracture horizontale affleurante. Platière Laris qui Parle, P100. E – Figures "ondes de choc" sur fractures plates. Mont Ussy, P263.

Les fractures horizontales

Rares sont les escarpements où la dalle de grès n'est pas affectée par des fractures horizontales. La partie supérieure de la dalle est généralement massive, recoupée par des fractures verticales autour de N110, parallèles aux alignements dunaires et à l'escarpement de la platière. La partie inférieure est fracturée de manière spectaculaire par des fractures horizontales qui débitent le grès en lames horizontales d'épaisseur déci- à centimétriques.

Les fractures ne sont pas strictement horizontales, elles sont légèrement pentées (inclinées) et forment un système conjugué qui détermine des losanges très aplatis. Ce système résulte de tensions en cisaillement dans le plan horizontal. Des déplacements infimes le long de ces fractures permettent un raccourcissement ou un allongement par glissement des losanges à la manière de sardines dans une boîte. En tout état de cause elles traduisent un comportement différentiel de la partie supérieure et inférieure de la dalle de grès. Les fractures verticales recoupent les piles d'assiettes, elles sont postérieures à la fracturation horizontale. Elles sont bien "naturelles", et non pas provoquées par l'exploitation, car souvent recouverte d'un film siliceux lustré.

Les fractures horizontales disparaissent assez rapidement en s'éloignant de l'escarpement. Les anciennes carrières de grès montrent un espacement plus grand des fractures quand le front de taille avance, et souvent ne subsistent plus que 2 ou 3 fractures discontinues quand le front de taille a reculé de 20-30 m.

Les fractures horizontales ne montrent pas de figures d'arrachement en échelon comme les fractures verticales. En tout cas je n'ai pas souvenir d'en avoir vu. En revanche, elles montrent assez souvent des ondulations concentriques autour d'un point en bordure de lame. Ce sont des figures semblables à celles des bulbes de percussion qui se forment lors de l'éclatement de silex (mais évidemment en beaucoup plus grand). Elles semblent correspondre à des points de compression lors de la formation de ces fractures plates. Des figures semblables existent aussi sur les fractures verticales, mais sont moins fréquentes.

Les fractures horizontales sont à l'origine des étonnants "champignons" de grès montés sur pile d'assiettes, fréquents aux détours des sentiers.



Pile d'assiettes.
Rebord platière Cassepot, P244.

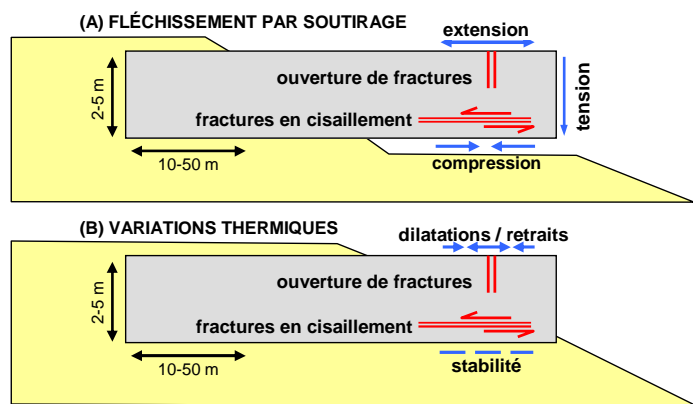
Mécanismes de la fracturation

Toutes les observations concordent pour montrer que les fractures ne sont pas dues à des contraintes d'origine tectonique mais à un mécanisme de rupture des dalles de grès à l'affleurement. La coïncidence entre l'orientation des fractures et des platières (alignements dunaires) doit être mise sur le compte d'un guidage des fractures par les escarpements des platières. Deux mécanismes de fracturation peuvent être envisagés (Thiry *et al.*, 2013).

(1) Le soutirage du sable sous la dalle de grès (par érosion et/ou dissolution) mettrait celle-ci en porte-à-faux. La dalle n'étant plus soutenue subirait un fléchissement à l'origine de tensions en extension, et se fracturerait sous son propre poids, parallèlement à l'alignement de la platière. Les fractures conjuguées transversales suivraient cette première fracturation.

(2) Les variations de température dans la dalle de grès sont à l'origine de dilatations/rétractions. L'augmentation en température provoque la dilatation du grès et des contraintes de compression, l'abaissement de la température provoque sa contraction et génère des tensions.

Dans les deux cas il y a un comportement différentiel de la partie supérieure et inférieure de la dalle. En cas de soutirage du sable, la partie supérieure de la dalle est en extension, mais la partie inférieure est en compression. En cas de variation de température, celle-ci affectera la partie supérieure de la dalle car la température des terrains en profondeur présente une grande inertie par rapport aux variations atmosphériques, de ce fait il y aura aussi un comportement différentiel entre la base et le sommet de la dalle. Dans les deux cas, ce comportement différentiel génèrera un cisaillement à la base de la dalle de grès. Ce cisaillement pourrait être à l'origine des fractures horizontales, et expliquerait que les fractures horizontales sont limitées à la partie inférieure des dalles des platières



Régime des tensions attendues au sein d'une dalle de grès à l'affleurement. A - Mise en "porte à faux" de la dalle par soutirage des sables. B - Variation périodique de la température de la partie supérieure de la dalle. (remerciements à Ahmed Rouabhi pour les discussions).

Dans les 2 hypothèses ce sont des tensions en extension qui sont à l'origine des fractures. Or si les grès sont très durs à la compression (coup de marteau) ils sont en revanche beaucoup plus fragiles à l'extension.

Une première simulation numérique du modèle en fléchissement a été conduite. Pour une dalle de 4 m d'épaisseur on obtient une fracture de la dalle avec un porte-à-faux d'environ 50 m, ce qui est bien supérieur à l'espacement des fractures sur les platières qui est fréquemment de 5 m et souvent même inférieur. Il est évident que le fléchissement de la dalle n'est pas le seul élément à prendre en compte. Il convient de tester une simulation par dilatation/retrait.

La difficulté de ces modélisations est de pouvoir prendre en compte un coefficient de fatigue, car on sait que des tensions même mineures, répétées, fragilisent progressivement le grès le long de plans qui au bout du compte rompent. Or cet effet est sûrement important si on envisage le modèle thermique où les variations en première approximation annuelles sont répétées des milliers de fois.

Affaire à suivre et à poursuivre ...

Épilogue

La géologie des Sables et Grès de Fontainebleau est exceptionnelle. Exceptionnelle par la nature géologique, avec une empreinte périglaciaire qui a complètement transformé le dépôt sédimentaire. Mais toute cette histoire tardive a été révélée par la richesse exceptionnelle des affleurements du Massif de Fontainebleau et la densité des données de sondage et de carrière en région urbanisée. Cette masse d'information, mise progressivement en cohérence durant les 20 dernières années, a conduit à ce modèle complètement nouveau, qui n'avait jamais été envisagé et qui remet en cause nombre de "vérités" et de dogmes encore en usage ailleurs, tant dans le Bassin de Paris, qu'en Europe du Nord-Ouest. Sûr que dans les 20 prochaines années nombre de concepts mis en évidence à Fontainebleau seront appliqués ailleurs ... précisés, clarifiés, nuancés, ... et certains remis en cause pour permettre à d'autres idées d'émerger et faire progresser la connaissance.

Références

- Obert D., Pomerol Ch., 1985, Les alignements gréseux de Fontainebleau. Le point des connaissances, la crédibilité des hypothèses. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 22/2, p. 3-9.
- Thiry M., Bertrand-Ayrault M., Grisoni J.C., Ménéillet F., Schmitt J.-M., 1988, Les grès de Fontainebleau : silicification de nappes liées à l'évolution géomorphologique du bassin de Paris durant le Plio-Quaternaire. *Bull. Soc. géol. France*, (8), IV, p. 419-430.
- Thiry M., Panziera J.-P., Schmitt J.-M., 1984, Silicification et désilicification des grès et des sables de Fontainebleau. Évolutions morphologiques des grès dans les sables et à l'affleurement. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 21/2, p. 23-32.
- 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 des excursions, *Publ. ASF*, n°74, p. 37-90.