

Les cristaux de des sables de

Par Alain Brousse, membre de la Commission de Minéralogie de la SAGA.

Les cristaux de calcite sableuse de Bellecroix, dans la forêt de Fontainebleau, sont internationalement réputés et constituent des « must » de toute collection publique ou privée, et ce, depuis leur découverte dans la deuxième moitié du XVIII^e siècle.

Ce gisement étant épuisé depuis un siècle, d'autres sites appartenant à des exploitations de sables de Fontainebleau ont pris le relais à une époque récente. Toutefois, bien que certaines s'en soient approchées, aucune de leurs cristallisations n'a cependant encore égalé la qualité de celles de Bellecroix, tout en étant d'habitus et de formation similaires, ainsi que nous allons le voir.

L'environnement géologique

Caractéristiques des sables de Fontainebleau

Ils ont été apportés par la grande transgression marine du Stampien (- 34 à - 28 Ma) (figure 1). Cette avancée de la mer a aussi remanié en grande quantité des sables bartoniens, donc antérieurs. Enfin, 5 % des sables de Fontainebleau seraient cependant d'origine éolienne, postérieure au Stampien. Ceux-ci sont d'origines mélangées mais pourtant d'une granulométrie moyenne très homogène : 0,1 à 0,3 mm, et d'une composition constante : du quartz hyalin.

Ces sables sont blancs lorsqu'ils sont purs (protégés par une chappe calcaire) et leur teneur en silice atteint 99,75 %, d'où leurs applications

anciennes : verrerie, moules de fonderie, ou récentes : fabrication du silicium pour l'électronique, l'informatique et l'optique de précision. Lorsque cette formation stampienne est pure, elle n'est pas ou peu fossilifère, les coquilles qu'elle contenait ayant été dissoutes. Les restes fossiles encore présents sont des moules de bivalves, des os de siréniens, ce qui dénote un milieu littoral.

Les sables stampiens de Fontainebleau reposent en concordance sur le calcaire de Brie mais, surtout, ils comportent des niveaux gréseux.

La grésification des sables

Celle-ci a alimenté beaucoup de discussions depuis le modèle génétique proposé par Henriette Alimen, dans sa thèse de 1936. Toujours est-il que, vers la fin de l'Oligocène, la mer reflue (régression), à la suite d'un lent basculement du Bassin Parisien du nord vers le sud-ouest, par la gouttière ligérienne, c'est-à-dire l'ancienne Loire.

Il ne subsiste plus alors que des « chenaux » d'eau douce, intercalés entre des « bandes » de grès parallèles, orientées ONO-ESE, que l'on remarque nettement sur la carte géologique à 1/50 000, feuille de Fontainebleau (figure 2).

D'après Pomerol et Obert, cette orientation aurait été initiée par une fracturation tectonique du substratum : les ouvertures « en extension » générées auraient constitué des « circuits préférentiels » pour l'eau chargée de silice, à l'origine de la cimentation des grains de sable en grès. Celle-ci se serait effectuée par évaporation de l'eau contenant de la silice en solution, dans des zones de battement des nappes d'eau souter-



En septembre 1986, la Poste éditait pour la première fois une série de 4 timbres consacrés à la minéralogie française, d'un très beau graphisme. L'un d'eux représentait un groupe de cristaux de calcite de Bellecroix.

calcite

Fontainebleau

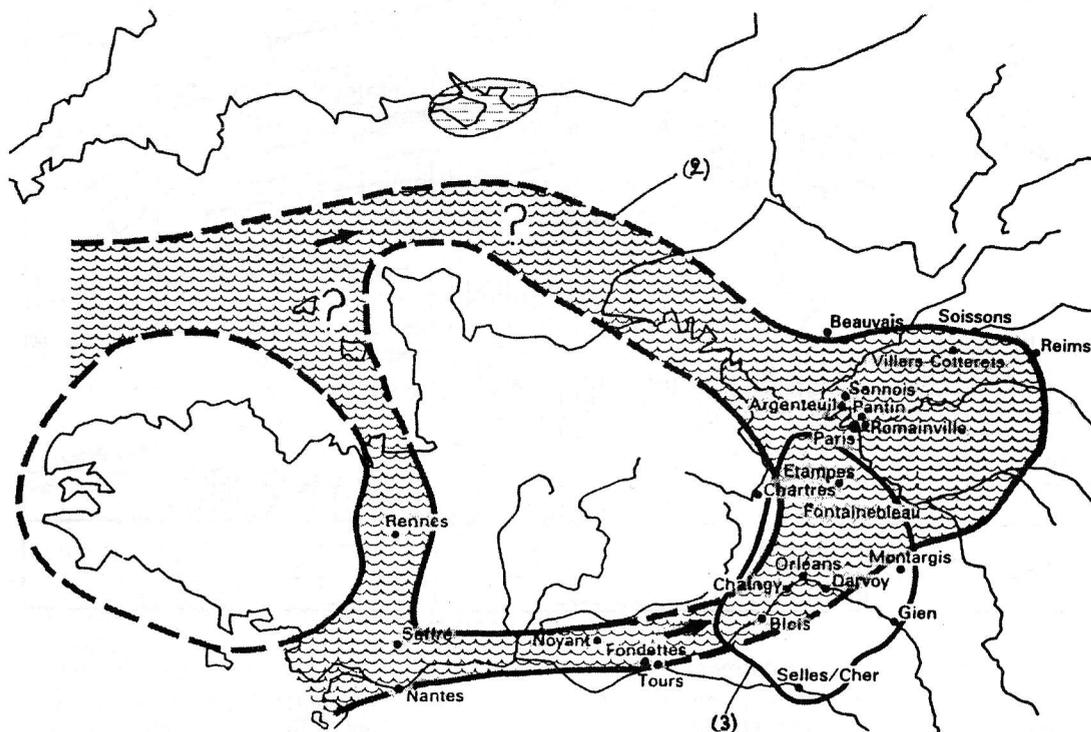


Fig. 1 - Extension du Stampien (2) et contours du lac de Beauce aquitainien (3). Le calcaire d'Etampes - non figuré ici - est considéré comme la base du calcaire de Beauce. D'après Pomerol et Feugueur (1986).

raines... au moins pour les trois niveaux de grès supérieurs (sur quatre connus), c'est-à-dire en position basse dans le corps sableux.

Les lentilles gréseuses, mises à nu par inversion du relief, donneront les fameuses bandes de grès alignées parallèlement, la fracturation tectonique se poursuivant après la grésification.

Signalons cependant, parmi d'autres hypothèses, celle de M. Médard Thiry, de l'Ecole des Mines de Paris, géologue au Centre informatique de Fontainebleau, qui postule une grésification récente, plio-quadernaire, dans la zone d'écoulement des nappes, au moment du creusement des vallées.

Le lac et le calcaire d'Etampes

Au Stampien supérieur, ou à la fin de l'Oligocène (- 25 Ma), un lac s'installe sur la région : c'est le lac d'Etampes, dans lequel se dépose le calcaire du même nom, fossilifère à gastropodes d'eau douce (planorbes, limnées). La base de cette formation va mouler la formation des sables de Fontainebleau et fournir, à la fin du Pléistocène (Quaternaire), la source du

calcaire responsable de la formation des grès à ciment calcaire, abondants au sud de la forêt. Ceux-ci sont présents en position haute entre les entablements gréseux, avec les cristallisations de calcite sableuse, lesquelles, comme à la « Grotte aux cristaux », au nord de la forêt de Fontainebleau, peuvent tapisser la face inférieure de ces grès calcaires.

Historique des cristallisations dites de Bellecroix

1774 : découverte, en abondance, des cristallisations dans la carrière de grès du Rocher-Saint-Germain, exploitée pour la taille de pavés, dans le quartier de Bellecroix (à quelques kilomètres au NNO de la ville). Le roi Louis XVI, curieux, se rend sur place, bientôt suivi de la Cour et des naturalistes de tout poil.

De Romé de l'Isle à Häüy : la même année, le premier cristallographe français, Romé de l'Isle, montre que ce qu'on appelait alors « grès cristallisé » n'est autre que de la calcite englobant du

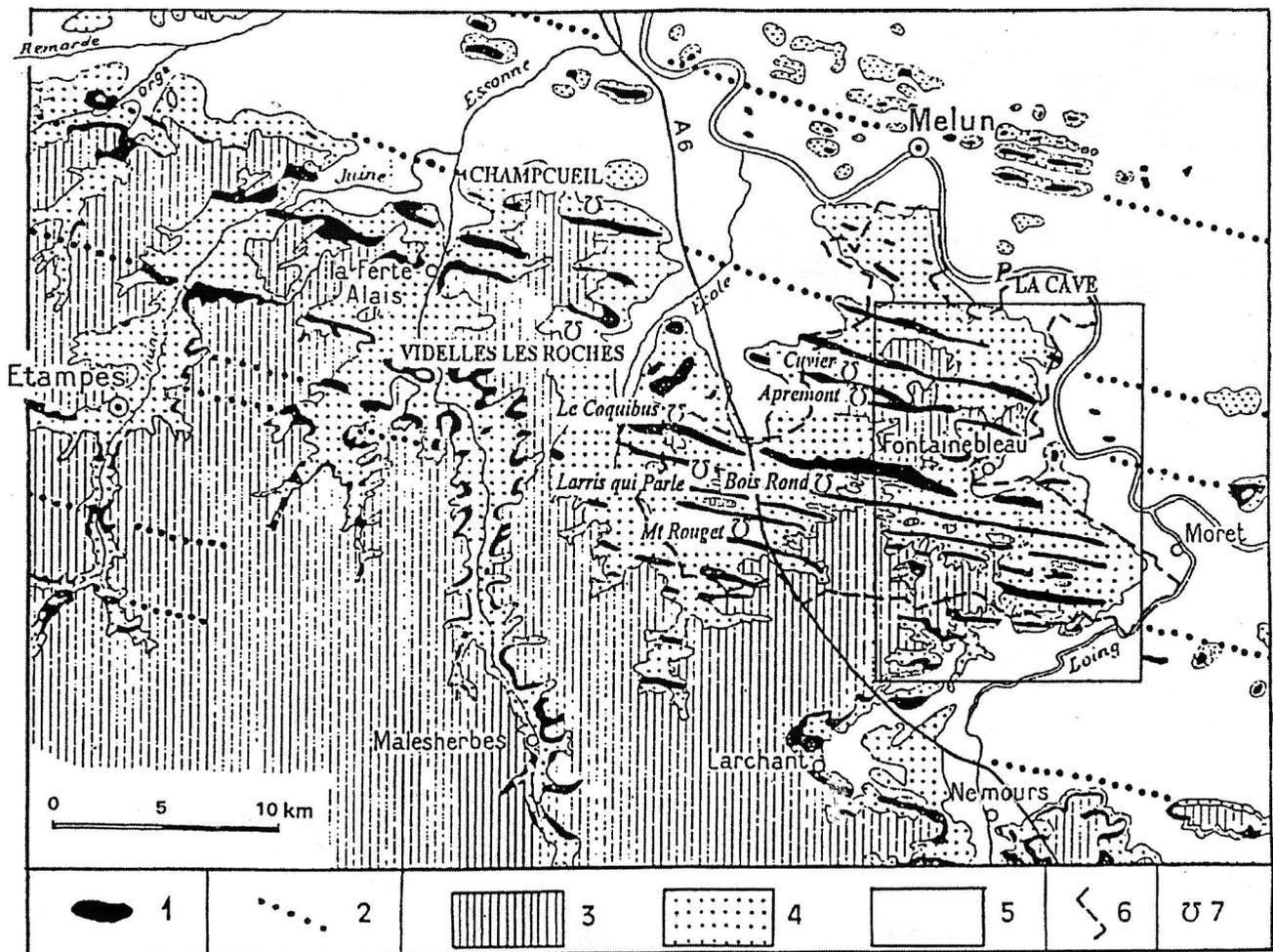


Fig. 2 - Carte géologique schématique montrant les alignements gréseux à l'est de Fontainebleau (d'après Alimen, 1936). 1 - Affleurements gréseux ; 2 - Directions des alignements gréseux ; 3 - Recouvrement calcaire ; 4 - Sables de Fontainebleau ; 5 - Substratum des sables, essentiellement calcaire et meulière de Brie ; 6 - Limite de la Forêt domaniale de Fontainebleau et des Trois Pignons ; 7 - Emplacement des carrières et des lieux cités par l'auteur ; P - Emplacement du port de La Cave, sur la Seine, d'où partait le transport des pavés de grès.

sable siliceux. Après de Lassonne, Gautier d'Agoty et Sage, Haüy, en 1801, nomme la calcite sableuse de Bellecroix : « chaux carbonatée quartzifère ».

Sous le 1er Empire : les cristaux étaient, paraît-il, si abondants que les carriers les jetaient avec les déblais de l'exploitation.

En 1850 : à la veille du Second Empire, la carrière du Rocher-Saint-Germain n'était plus exploitée ; un ouvrier, cherchant dans le chantier abandonné, découvre ce qui allait s'appeler la « Grotte aux cristaux » : une petite caverne de grès calcaire, tapissée de cristallisations, reposant sur un banc de grès siliceux dont l'exploitation s'était arrêtée à son entrée.

La nouvelle fait à nouveau grand bruit et provoque la venue sur place du grand géologue Elie de Beaumont, membre de l'Académie des Sciences, suivi par Delesse qui étudie les cristaux en 1853.

La municipalité de Fontainebleau, pourtant consciente qu'il y a là un « patrimoine minéralogique », avant la lettre, à protéger, ne peut éviter le pillage et le vandalisme dans la grotte, après,

cependant, que les grandes collections publiques françaises aient pu prélever les splendides pièces que l'on peut y admirer aujourd'hui. L'Administration forestière fait alors remblayer la grotte et dissimuler son emplacement. **1891 :** M. Colinet, grand promoteur de la randonnée en forêt de Fontainebleau, réussit à rendre la grotte aux yeux du public, protégée cette fois par une grille.

1997 : à l'initiative du Conseil Général de Seine-et-Marne et de l'Office National des Forêts, la grotte et ce qui reste de ses cristaux sont classés « géosite ». Entre temps, la grille avait dû être remplacée plusieurs fois, et encore tout récemment...

Cristallographie

Les cristaux de Bellecroix et des autres gisements des sables de Fontainebleau ont invariablement la forme du rhomboèdre inverse, ou négatif, de notation Miller/Bravais (02.1), si on utilise un système de quatre axes cristallographiques hexagonaux.

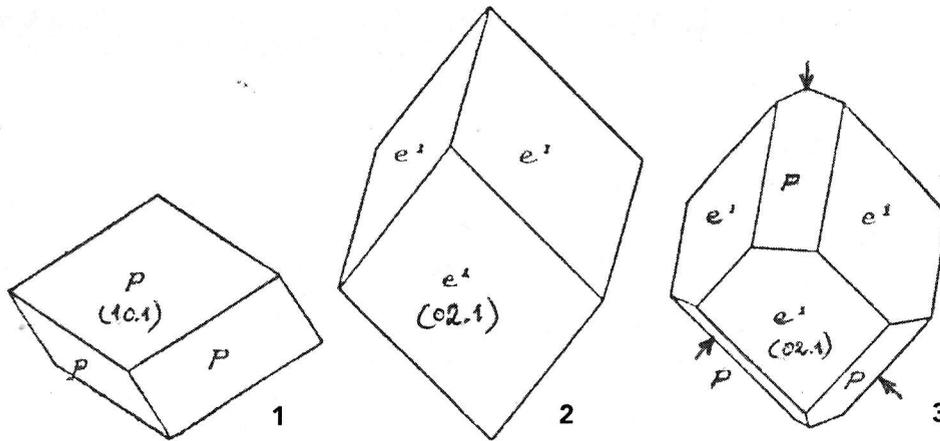


Fig. 3 - Rhomboèdres de calcite, d'après de Lapparent. 1. Rhomboèdre direct « de clivage » ; 2. Rhomboèdre inverse type Bellecroix ; 3. Plans de clivage du rhomboèdre inverse.

On montre par le clivage qu'il s'agit bien de rhomboèdres inverses, par rapport au rhomboèdre direct, ou positif ; les clivages, en effet, ne s'effectuent pas parallèlement aux faces, comme dans le rhomboèdre direct, mais d'une façon symétrique par rapport aux arêtes du rhomboèdre de Bellecroix. A la limite, on obtient un rhomboèdre direct dit « de clivage », les arêtes du rhomboèdre inverse, ou négatif, correspondant aux « lignes de pente » des faces du rhomboèdre direct (figures 3 et 4).

Inversement, on démontre que l'on passe du rhomboèdre direct au rhomboèdre inverse par tronçures (« faces en développement ») symétriques sur les six angles « e », c'est-à-dire ceux par où ne passe pas l'axe ternaire A3 (trois rotations de 120° redonnent la même image du rhomboèdre), lorsque ces tronçures découpent totalement trois arêtes concourantes en « e ». Les faces ainsi créées sont perpendiculaires aux trois plans de symétrie du rhomboèdre (figure 4, où les plans de symétrie ne sont pas représentés).

Remarquons que tous les rhomboèdres inverses sont caractérisés par un premier indice de Miller « h » = 0 → (02.1), alors que, pour les rhomboèdres directs, c'est le second qui est nul (ex. : [10.1] pour le rhomboèdre « de clivage »). De surcroît, plus le second indice (1) du rhomboèdre inverse est supérieur au dernier indice « l » (1), plus le rhomboèdre est aigu : dans les rhomboèdres type Bellecroix, l'angle dièdre, formé par deux faces se rejoignant au sommet par où passe l'axe A3, est égal à 78° 51', et le rhomboèdre est aigu.

Ce type d'habitus est commun et typique d'un cristal de calcite formé à basse température et résulte souvent de la cristallisation d'une solution aqueuse bicarbonatée sursaturée (Wilkin et Boitelle, 1980) (figure 5).

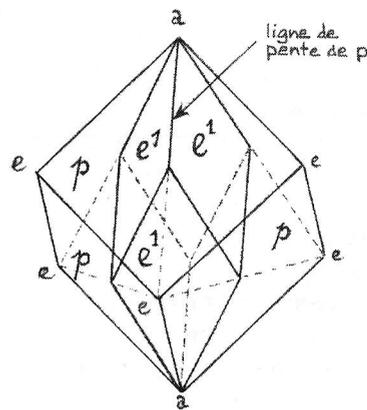


Fig. 4 - Position du rhomboèdre inverse $e^1 = (02.1)$, par rapport au rhomboèdre direct $p = (10.1)$, après tronçatures symétriques des angles « e » (d'après Guttgenbach).

Minéralogie

Les cristaux de Bellecroix et d'autres sites de la région sont dits « pœcilitiques », c'est-à-dire qu'un grand cristal de calcite contient des grains de quartz, qui sont eux-mêmes des cristaux érodés, cimentés par la calcite. Ces grains de quartz occupent en moyenne 65 % du volume du cristal et ont une médiane granulométrique de 200 μm (2/10 de mm).

Les cristallisations peuvent être de toutes tailles jusqu'à, semble-t-il, un maximum de 15 cm suivant le grand axe du rhomboèdre, et former des agrégats de plusieurs dizaines de centimètres dans toutes leurs dimensions (comme à l'ancienne carrière de Beauregard, au sud de Nemours).

Directement ou indirectement par infiltration, l'eau météorique (pluie, neige), plus ou moins chargée en CO_2 , dissout le ciment de calcite. Ainsi, placées aux intempéries, les arêtes des cristaux s'émoussent et les faces deviennent plus rugueuses. La teneur en grains de quartz,

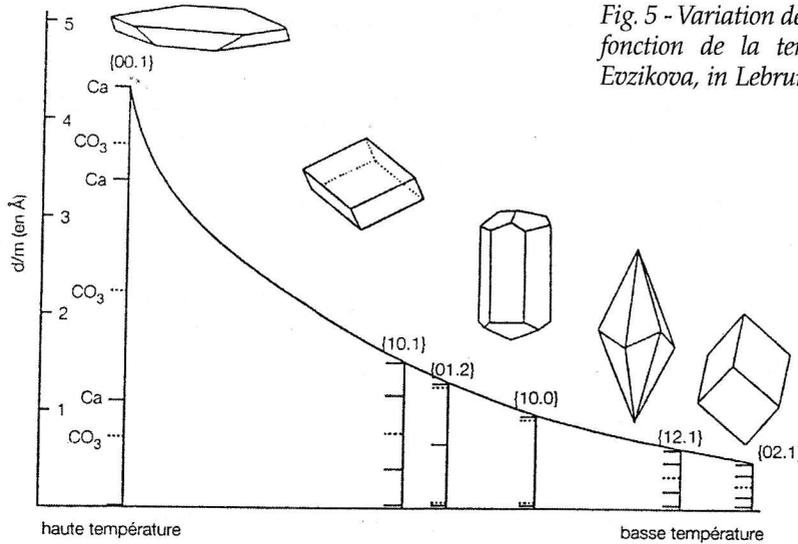


Fig. 5 - Variation de l'habitus du cristal de la calcite en fonction de la température de formation (d'après Eozikova, in Lebrun et al.).

encore consolidés, peut alors atteindre 80 % du volume.

Les cristaux, à Bellecroix, ont été rencontrés en groupements à axes de croissance plus ou moins parallèles, mais aussi sous forme de rhomboédres isolés, plus ou moins interpénétrés par d'autres individus, ou parfois sous forme de rhomboédres uniques parfaits.

La qualité des cristallisations de Bellecroix n'a jamais été égalée par celles des autres gisements découverts postérieurement, quoique, au Puisselet, à l'ouest de Nemours, des groupements cristallins s'en soient rapprochés, mais ils sont toujours un peu tachés par des oxydes de fer et ont subi plus ou moins de dissolution. On a aussi trouvé, dans cette ancienne carrière, des sphères et des sphérules de grès hérissées de petits cristaux. Citons également le gisement de Bonnevault - carrière toujours exploitée pour le sable - entre Le Puisselet et Larchant, pour l'association groupes de cristaux/sphéroïdes lisses de calcite sableuse, ainsi que l'ancienne carrière

de Beauregard, entre Nemours et Poligny, pour ses énormes groupements de cristaux.

Ajoutons que le terme « gogot(t)e » est à proscrire, car il peut désigner indifféremment des formations de natures différentes. Ainsi, à Harleville (au NO de Chartres), on trouvait, sous ou adhérent à la dalle de grès, des formations globuleuses tourmentées, très esthétiques, qui sont des « fronts de grésification », donc du grès et, en-dessous d'elles, des amas sphérolitiques de calcite sableuse, tous deux appelés « gogot(t)es » (2).

Conditions de formation

Celles-ci peuvent être classiquement comparées à celle des « roses des sables » du Souf (sud-ouest algérien). Là, des solutions séléniteuses, produites par des eaux d'infiltration, ont cristallisé par évaporation, dans des sables siliceux, sous forme de cristaux de gypse, englobant les grains de sable de son milieu de croissance.

Pour la calcite des sables de Fontainebleau, le processus génétique est le suivant : de l'eau météorique, chargée de gaz carbonique dissous, aurait percolé dans le calcaire d'Etampes sus-jacent, en aurait dissous une partie sous forme

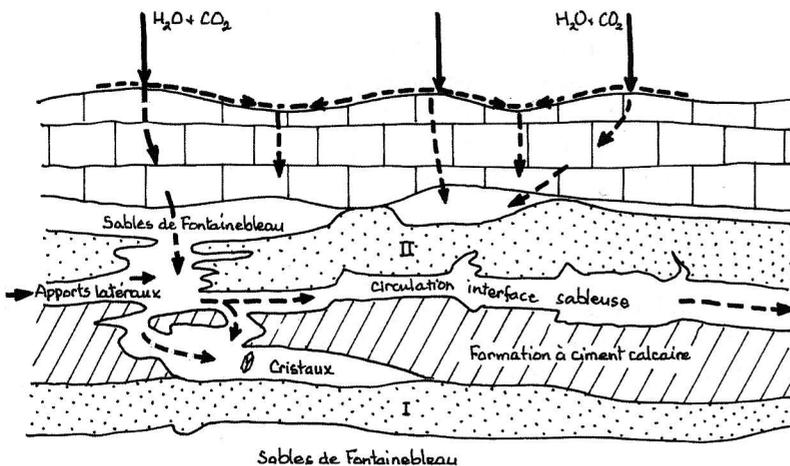


Fig. 6 - Coupe interprétative de la formation de la calcite de Bellecroix. I et II : niveaux gréseux inférieur et supérieur.

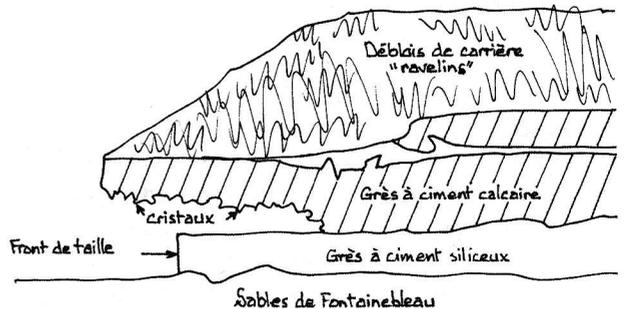


Fig. 7 - Coupe de la « Grotte aux cristaux », après érosion et exploitation du grès.

Fig. 6 et 7 - D'après le panneau « Géosite de la calcite de Bellecroix » (Conseil Général de Seine-et-Marne et Office National des Forêts, 1997), à Bellecroix.

de bicarbonate de calcium lequel, par évaporation de la solution aqueuse et donc perte en CO₂, aurait cristallisé au sein des sables sous-jacents après y avoir circulé.

D'après M. Médard Thiry, il y aurait eu aussi des apports latéraux bicarbonatés en provenance de cours d'eau creusant leur lit et dont le niveau était peut-être plus haut qu'aujourd'hui. Il a pu dater, grâce à la méthode du ¹⁴C, d'environ 27 000 ans la calcite sableuse des carrières de Larchant. C'est à cette époque - au Pléistocène moyen, donc au Quaternaire - que les grès à ciment calcaire et les cristallisations type Bellecroix se sont formés en divers points du massif de Fontainebleau (figures 6 et 7).

Conclusion

On vient donc de voir que les calcites des sables de Fontainebleau sont assez bien connues d'un point de vue géologique global.

Malheureusement pour les amateurs, les sites qui ont pris le relais de Bellecroix ne sont plus guère productifs, tout au moins en belles cristallisations. Sont-ils épuisés à cet égard, et faut-il attendre la découverte de nouveaux gisements ? Ceci n'est pas exclu, car la demande en sable de Fontainebleau est forte, compte tenu du développement de l'informatique, entre autres, et les réserves sont encore importantes... ■

(1) *En valeur absolue des indices.*

(2) *En cas de doute, avoir recours au test de HCl dilué.*

Bibliographie sommaire

BILHOT, BOULLIARD, FARGEAT, MALAYE - Les calcites de Fontainebleau.

Monde et Minéraux, n° spécial, sept.-oct. 1986.

BUTTGEBACH H. - Les minéraux et les roches. 2e édition, Liège (sans date).

LACROIX A. - Minéralogie de la France et de ses anciens territoires d'Outre-Mer, tome III, nouv. tir. A. Blanchard, 1962.

LAPPARENT (de) A. - Précis de Minéralogie. Paris, 1889.

LEBRUN, LE CLEAC'H, CESBRON - Calcite. Minéraux et Fossiles, hors-série n° 7, 1998.

POMEROL Ch. - Découverte géologique de Paris et de l'Ile-de-France, éd. BRGM, 1988.

POMEROL Ch. et FEUGUEUR L. - Bassin Parisien, Ile-de-France, Pays de Bray. Guides géologiques régionaux, éd. Masson, 1986.

TURLAN T. - Calcite de Bellecroix. Minéraux et Fossiles, n° 312, déc. 2002.

- Concernant les cartes géologiques, on se reportera aux cartes à 1/50 000 du BRGM : feuille de Melun (XXIV-16) et feuille de Fontainebleau (XXIV-17).

Assemblée générale de l'AGBP

(5 mars 2003)

L'Assemblée Générale de l'Association des Géologues du Bassin de Paris (AGBP) a commencé par un émouvant hommage au professeur Claude Mégnyen, décédé récemment.

Le président François Guillocheau a rappelé la brillante carrière de Claude Mégnyen qui, sédimentologiste de formation (il s'était spécialisé dans l'étude des récifs oxfordiens de l'Yonne), s'était ensuite tourné vers l'hydrogéologie. Mais l'oeuvre de sa vie demeure la direction de la rédaction des trois volumes consacrés à la synthèse géologique du Bassin de Paris, sans oublier la coordination de l'étude des carottes de sondage du Programme « Craie 700 ».

Ensuite, la réunion a réellement débuté par le rapport moral du Président qui a présenté le bilan de l'année écoulée et les projets pour 2003. Dans le bilan, citons les deux excursions 2002, respectivement dans l'est du Bassin Parisien, au printemps, et dans le Tertiaire armoricain, à l'automne.

Les projets sont ambitieux : d'abord une séance spécialisée sur le Crétacé (en hommage à Claude Mégnyen), qui devrait se dérouler les 6 et 7 novembre 2003, et une étude paléogéographique du Bajocien du Bassin de Paris, sous la direction de Jean-Pierre Gély.

La gestion du bulletin fut ensuite abordée : s'il n'y a pas de problème au plan de la rédaction, une aide serait souhaitée au niveau des tâches administratives (mise sous enveloppe, adressage, affranchissement, routage, etc., sachant que le bulletin de l'AGBP est trimestriel). Peut-être une collaboration avec la SAGA ?

Après le rapport financier du Trésorier et la présentation du budget 2003, il a été procédé à l'élection du nouveau Conseil d'Administration. Ont été élus : O. Dugué, J.-P. Gély, M. Hanzo, M. Roux, P. Thommen et R. Wyns.

Le dernier point de la réunion a été la passation des pouvoirs de l'ancien président François Guillocheau au nouveau président Jean-Paul Deroin, de l'université de Bordeaux 3.

Jean-Pierre Malfay, vice-président de la SAGA, membre du Conseil d'Administration de l'AGBP.