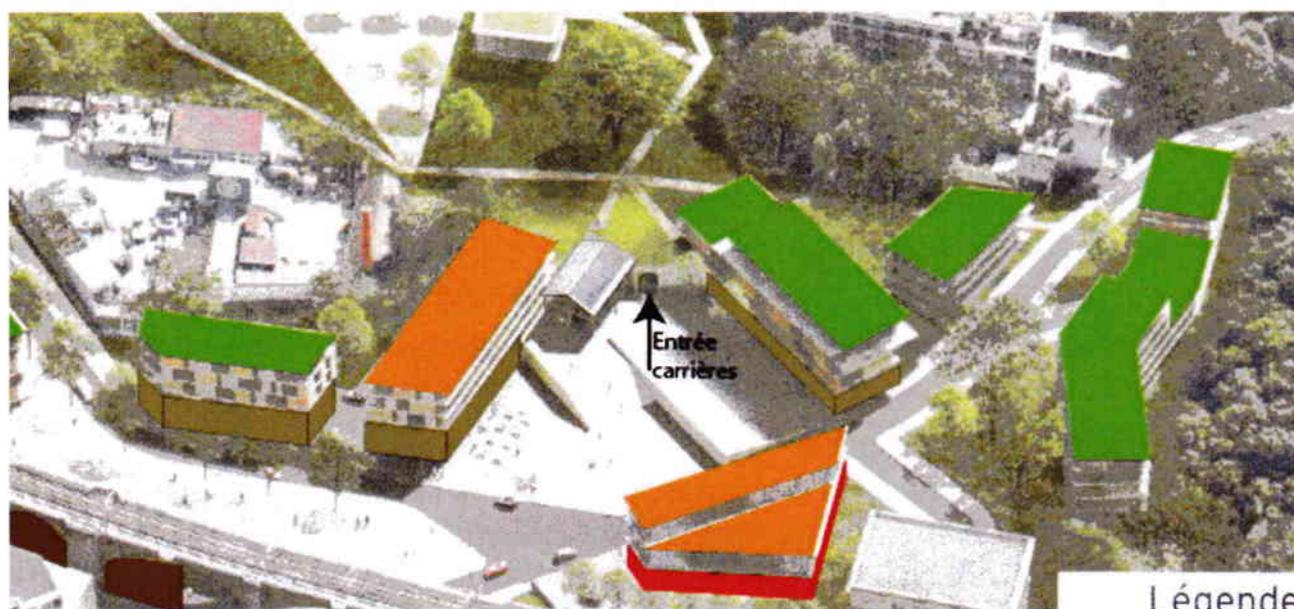


Comité de Sauvegarde des Sites de Meudon

Bulletin n° 129

Juin 2011

Mise en valeur des carrières souterraines classées de la colline Rodin



L'entrée des carrières, maquettes (extrait de Chloroville, n°81, Février 2011)

Sommaire

Editorial (p. 3)

Approche globale du projet d'ouverture des carrières Arnaudet (p. 4-13)
par Cécile BOUILLET

Proposition pour une approche géologique (p. 14-32)
par Michel COLCHEN

Prix : 5 €

Paulette Gayral

Notre amie Paulette Gayral est décédée le jeudi 16 juin 2011 ; elle avait 90 ans. Ses obsèques ont été célébrées en l'église Saint Martin à Meudon le jeudi 23 juin à 15h.

Normalienne, agrégée de sciences naturelles, docteur d'Etat es sciences (biologie marine), elle termina sa carrière universitaire comme Professeur Titulaire à l'Université de Caen. Elle était Officier de la Légion d'Honneur et Commandeur dans l'ordre des Palmes Académiques.

Membre du bureau du CSSM depuis 1985, elle s'attacha tout particulièrement à la publication de notre bulletin, dont elle devint rédactrice en chef en 1988, charge qu'elle assumait jusqu'en 2007.

Elle accomplit sa tâche de rédactrice en chef avec rigueur et compétence. Nous lui devons de nombreux articles de fond sur le CNRS à Meudon, sur divers aspects de la Grande Perspective et, d'une façon plus générale, sur le Domaine National de Meudon.

Soucieuse d'informer les adhérents sur la vie du CSSM, elle rédigeait avec soin « les nouvelles brèves » proposées en fin de bulletin, source d'information précieuse pour les adhérents, car, à l'époque, l'informatique et internet étaient encore peu usités.

Avec le décès de Paulette Gayral, une grande dame de notre comité a disparu, qui était exigeante pour les autres mais aussi pour elle-même. La protection du patrimoine historique et naturel, dont Meudon s'honore, était l'une de ses priorités.

Nous garderons d'elle le souvenir d'une personne de caractère, rigoureuse, précise dans l'expression écrite et très sensible à la protection du patrimoine.

Le Président du CSSM et les membres du Bureau

Éditorial

Depuis l'arrêt de la culture des champignons en 1974, les carrières souterraines ont été quelque peu abandonnées. Elles ont été classées en 1986, au titre de leur intérêt historique, culturel et scientifique. Pour des raisons de sécurité, elles ont été interdites au public ; seuls les scientifiques ont pu y avoir accès et, plus largement, le public, lors de visites accompagnées organisées par le CSSM et les services techniques de la ville, dans le cadre des journées du patrimoine, en 2009 et en 2010.

Après plusieurs démarches effectuées auprès des services de l'Inspection Générale des Carrières à Paris et après plusieurs réunions consacrées à l'aménagement de la colline Rodin dans le cadre des Conseils Consultatifs organisés par les services municipaux, une réflexion s'amorce sur la mise en valeur des carrières souterraines classées dont la mairie est propriétaire.

Ce bulletin comprend deux articles. L'un est une « Approche globale du projet d'ouverture des carrières Arnaudet ». Dans l'autre article sont présentées des propositions pour une « Approche Géologique ».

Dans son approche globale, l'auteur, Cécile Bouillet, urbaniste, situe les carrières dans le cadre de la colline Rodin et évoque les contraintes du site qu'il convient de sécuriser dans la perspective de l'ouverture au public.

Dans son approche géologique, l'auteur de ces lignes, géologue universitaire, présente plusieurs étapes d'un circuit-découverte qui pourraient s'inscrire dans des visites guidées où les faits présentés seraient replacés dans leur contexte à la fois historique et dynamique.

D'autres approches sont possibles, retraçant l'histoire de l'exploitation de la craie puis celle des galeries souterraines, leur utilisation comme salle de concert et de chants « a capella » qui mettraient en valeur leurs qualités acoustiques...

Laissons enfin notre imagination se manifester et n'ayons pas peur des utopies : elles nous sont naturelles.

Michel Colchen
Président du CSSM

Approche globale du projet d'ouverture des carrières Arnaudet

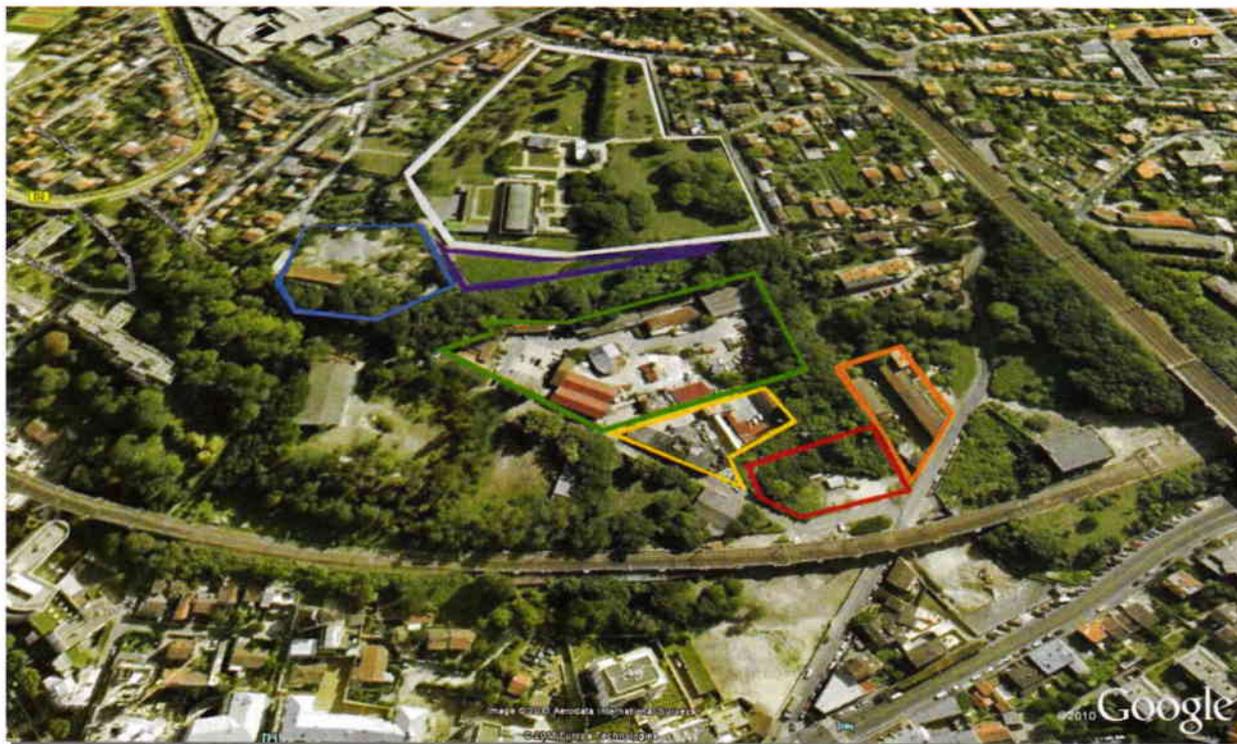
par Cécile Bouillet, urbaniste meudonnaise et géologue prosélyte

L'article intitulé : « Mise en valeur des carrières souterraines classées, approche géologique », présenté dans ce bulletin vous précise bien mieux que moi la position de la colline sur l'anticlinal de Meudon, d'où la présence de craie et d'argiles qui filtrent les eaux pluviales jusqu'à la Seine, le crétacé qui jouxte le secondaire et les karsts exceptionnels des carrières.

Les diverses personnes que j'ai rencontrées au cours de mes missions d'assistance d'ouvrage à la ville de Meudon n'ayant, pour la plupart, jamais visité cette colline qui se nomme Arnaudet/Rodin/Brillants selon les usagers, il m'a semblé intéressant de décrire le site tout entier dans sa globalité. Il s'appréhende différemment, selon les paliers, les époques et les gens. En tant qu'urbaniste, je m'attacherai donc à vous présenter son passé, son présent, son futur, ses enjeux et les ambitions qu'il nourrit.

Sur le souterrain, une colline

De forme trapézoïdale, la colline est comprise entre l'avenue Rodin au nord et la rue du docteur Arnaudet au sud. Ce flanc est bordé d'un chemin piéton pentu, contenu entre deux murs aux accents underground d'un côté et de la voie ferrée de Versailles à Montparnasse de l'autre.



La visite de haut en bas se décrit par paliers, séparés par des talus sauvages et ronceux.

1 - Au point haut, la colline est coiffée par l'annexe meudonnaise du musée Rodin parisien. La villa du sculpteur et la salle d'exposition des plâtres sont disposées sur une grande parcelle trapézoïdale engazonnée. Celle-ci est coupée en deux en son milieu par une grande allée boisée. Ainsi, on trouve, d'une part, un jardin vallonné délicieux, de l'autre, des plâtres magnifiques dans

une jolie bâtisse bourgeoise, dominant le flanc de la colline et le panorama. La tombe du sculpteur, sous le Penseur, donne une altimétrie paysagère. On ne peut que regretter l'ouverture sporadique de ce musée : 4 heures par jour, 3 jours par semaine, d'avril à septembre, qui fait que, malgré son intérêt indiscutable, il n'est en rien fédérateur d'une identité, d'une animation sur le site.

2 - Le palier du dessous était un petit plateau triangulaire en friche, un prototype d'habitat digne des bunkers de l'Atlantique. Peu de gens savent qu'il s'agit en réalité d'une des premières expériences d'habitat en béton projeté sur grillage.



Sur le terrain, des anciens algécos sont encore plein de canettes calcinées et d'objets divers des différentes époques de squats.

Aujourd'hui, une partie de l'espace en friche (celle située sous les grilles du musée) est devenue belvédère depuis qu'il a été « aménagé » par le conseil général dans le cadre du parcours de la promenade des *coteaux* et des parcs du Val-de-Seine. Le triangle sauvage réduit est quasi maîtrisé par une clôture de bois. Le chemin des Mauduits longe le ravin. Un banc fait promontoire à un mètre du sol pour observer la Seine. Sera-ce encore cet endroit où les adultes s'ébattaient et/ou emmenaient défouler leurs gosses ou leurs chiens qui pouvaient y courir et y crier à satiété sans voisinage immédiat ?

3 - En dessous, l'ancienne casse automobile, où des jeunes propres et polis viennent taguer de grandes surfaces, renouvelées plusieurs fois par an, croyant encore bénéficier de l'autorisation verbale de l'ex-proprétaire.



4 - Dessous, on trouve les hangars de la zone d'activité des Brillants, ou tout du moins ce qu'il en reste.

Anciennement entreprise de travaux publics, dont il ne reste que bidons, tuyaux et stations, où malgré tout, la végétation, tout particulièrement les ronces, ont gagné du territoire.





Les sculpteurs, artistes ou artisans recensés par vingtaines en 2009 occupent aujourd'hui les locaux vétustes de l'ancienne entreprise depuis une bonne vingtaine d'années. Malgré les bâtiments sinistrés, la place centrale pavée conserve un caractère convivial.

Une fonderie d'art, très impressionnante et visitable, est également implantée sur le site depuis près de 40 ans. Le reste des hangars rouillés sont remplis d'œuvres de Barcelo, de Nikki de Saint-Phalle,...).



5 - En dessous encore, une entreprise familiale de travaux de bâtiments et ses dépôts de matériels non qualifiants comme, plus bas encore, des activités automobiles résiduelles sous les arches.

6 - En front de la rue du Docteur Arnaudet, au fond d'une parcelle vide et au pied de la colline, on découvre l'entrée des carrières de la ville.

Comme volontairement peu engageante, la lourde porte de fer, dissimulée sous la colline, s'ouvre avec une énorme clef de vingt centimètres.



7 - Plus loin, en remontant la rue du Dr Arnaudet, au fond d'une cour, une grille scellée ferme la deuxième entrée qui permettait la sortie des matériaux de la carrière. Cette entrée est régulièrement forcée par les cataphiles et renforcée par la ville.

L'ancienne usine de blanc devenu hangar de stockage, en face des locaux d'une entreprise d'électricité.



En face, en hauteur, sur le talus opposé, le long de la voie du RER, et sur un terrain triangulaire fermé par deux voies de chemin de fer, un énorme transformateur, construit au début du siècle dernier et dont l'usage actuel reste énigmatique, fait face à la colline.

C'est donc, vous en conviendrez, une colline plutôt peu engageante pour le badaud, qui abrite les carrières que l'on décrit plus loin...

Pourtant, chacun des projets d'urbanisme déposés sur le site depuis 50 ans a fait l'objet de réactions passionnelles et l'espoir de requalification que chacun nourrit, semble paradoxalement freiner sa valorisation.

Sous la colline, les galeries

L'exploitation du sous sol :

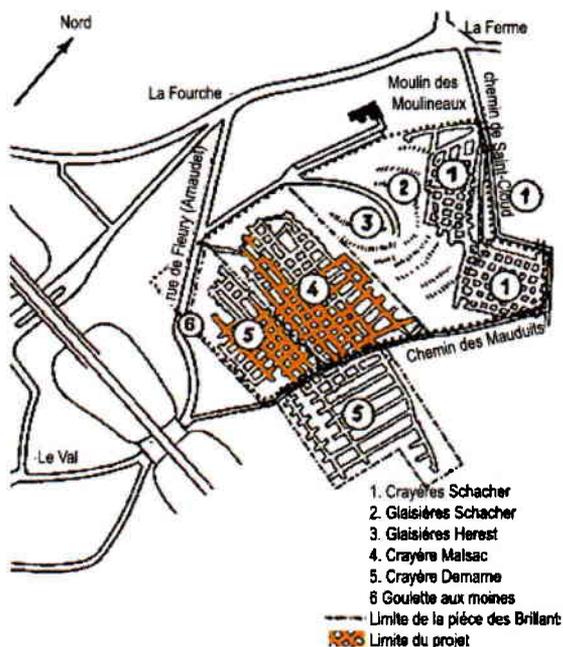
Le terrain, nommé "pièce des Brillants" appartenait initialement aux moines chartreux. Ils avaient canalisé une source, appelée la "goulotte aux moines". Par la suite, le terrain fut occupé par deux blanchisseries qui utilisaient l'eau de la source. Dans la partie Est de la parcelle, une briqueterie y exploita l'argile jusqu'à 20 mètres de profondeur.

En 1871, Pierre Mimard rachète une blanchisserie et la glaisière, afin de l'exploiter en crayère. Son gendre, Louis Malsac, gère la carrière et reprend l'affaire à son nom en 1874.

En 1881, Gustave Marland, publiciste parisien, décide d'exploiter le reste du sous-sol des "Brillants" en achetant la deuxième blanchisserie, ainsi que 12 pièces de terrains adjacents.

Après avoir fait vérifier que le banc de craie était intact, il débute l'exploitation souterraine et crée la société anonyme "carrières des blancs minéraux de Meudon et de l'usine des Moulineaux". Il s'associe avec M. Meunier, négociant à Paris.

En 1885, un rapport des mines souligne l'incroyable régularité et la précision de l'exploitation. En 1885, M. Malsac meurt et la carrière est reprise par sa veuve et son fils, alors âgé de 19 ans. Le débit des sources utilisées pour faire le blanc de Meudon est perturbé suite à la construction de la ligne des Invalides (1898-1900). L'extraction de la craie se poursuit au moins jusqu'à la 1^{ère} guerre mondiale. La zone exploitée correspond à la partie nord/est de l'actuelle carrière Arnaudet.



L'usine était installée au 11 rue du Docteur Arnaudet. Elle était composée d'un bâtiment à deux ailes, qui entouraient un mur de soutènement du cavage de la carrière. On accédait à la carrière par une pente douce, appareillée en pierres de tailles, qui est toujours visible.

Elle était munie de rails et de deux conduits menant le blanc lavé vers les bassins de décantation. La société dut fermer ses portes, le 15 février 1884, suite à une attaque en justice pour usurpation d'appellation, via la "Manufacture des blancs minéraux de Meudon". Les associés furent également accusés d'avoir perturbé le débit de la source de la "goulotte aux moines", qui alimentait une fontaine publique, une ferme et un moulin.

En 1886, Pierre Mimard (fabricant de "blanc de Meudon" aux Moulineaux) rachète aux enchères l'ensemble de l'entreprise. Il poursuit l'exploitation sur le même modèle et de façon homogène.

En fin de vie des entreprises de blanc, champignonnistes et carriers se côtoyaient dans les galeries.

Des échanges de terrains eurent lieu entre les exploitants du sous-sol et les propriétaires fonciers. Comme dans de rares endroits en France, les surfaces, fonds et tréfonds ont finalement des propriétaires différents.

L'exploitation de la carrière Arnaudet prend fin en 1923 et correspond à la dernière entreprise de « blanc de Meudon » de l'Île-de-France.

Les autres utilisations :

La carrière servit à la culture du champignon de Paris jusqu'en 1974.

Lors de la Seconde guerre mondiale, les allemands réquisitionnèrent la carrière. Leur objectif était d'y installer une usine d'armement souterraine. Les aménagements furent réalisés par 350 hommes enrôlés dans les Services du Travail Obligatoire (STO). Ils firent de la résistance passive, en ralentissant au maximum les commandes de matériaux. L'usine ne fut jamais fonctionnelle, mais, malgré tout, les sols furent nivelés, les voûtes ravalées, et un réseau d'évacuation des eaux fut installé. En 1943, cette zone servit d'abri anti-bombardements pour la population locale.



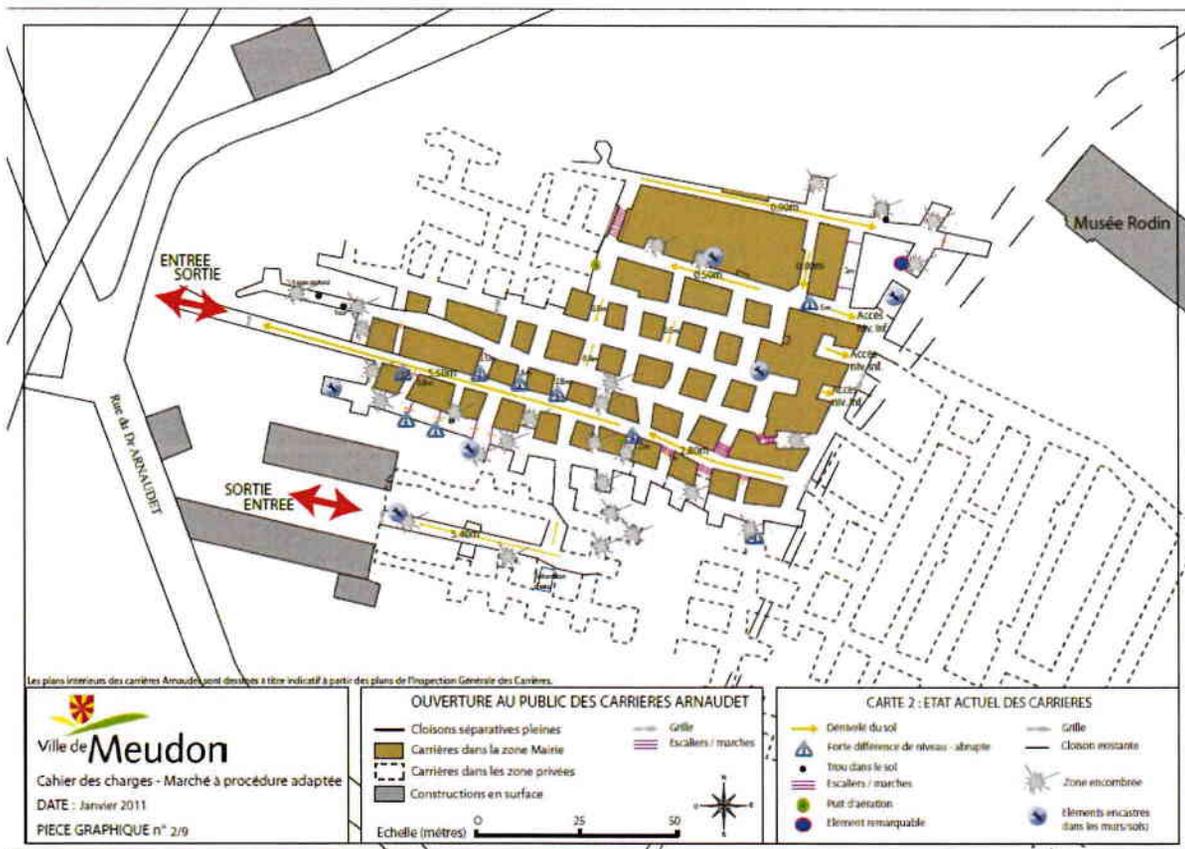
Etat actuel des fonds et tréfonds :

La carrière "Arnaudet" appartient actuellement à trois propriétaires : la commune de Meudon et deux propriétaires privés. Elle est également classée scientifiquement et artistiquement, depuis le 7 mars 1986, suite aux actions du GROUPE D'ÉTUDES SCIENTIFIQUES DES CARRIÈRES ET DES APPLICATIONS DU SOUTERRAIN (GESCAS). En parallèle, l'association "colline de Rodin" a été fondée en 1984, afin de valoriser et de faire revivre la carrière.



La carrière s'organise sur trois niveaux et un niveau partiel, et s'étend sur 8 km de galeries. Celles-ci, d'une hauteur comprise entre 5 et 10 m, sont très régulières. On peut y observer les restes des aménagements de l'usine allemande.

Les restes d'exploitation sont également assez nombreux : restes de rails, wagonnets basculeurs, un treuil, un monte-charge, des bassins de décantation, des tuyauteries ...



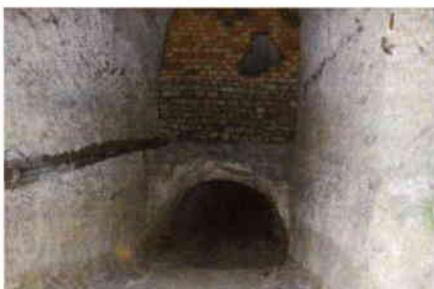
Les niveaux de galeries se superposent. La communication entre les étages se fait par des rampes en pente douce, escaliers et puits permettant la sortie des matériaux.



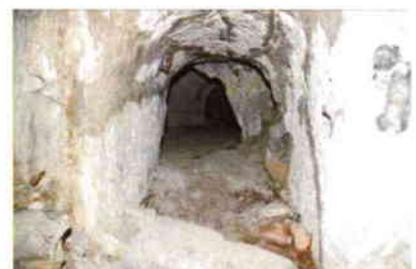
Les carrières des Brillants possèdent une finition peu ordinaire, telle une carrière modèle à une époque où les journalistes s'intéressaient à la vie industrielle.

Les voûtes sont d'un cintrage parfait, qui devait permettre, conformément aux grandes règles de l'architecture, d'améliorer la résistance de la galerie.

A la croisée de deux galeries, les cintres des voûtes en forme d'ogives se croisent dans une symétrie quasiment architecturale.

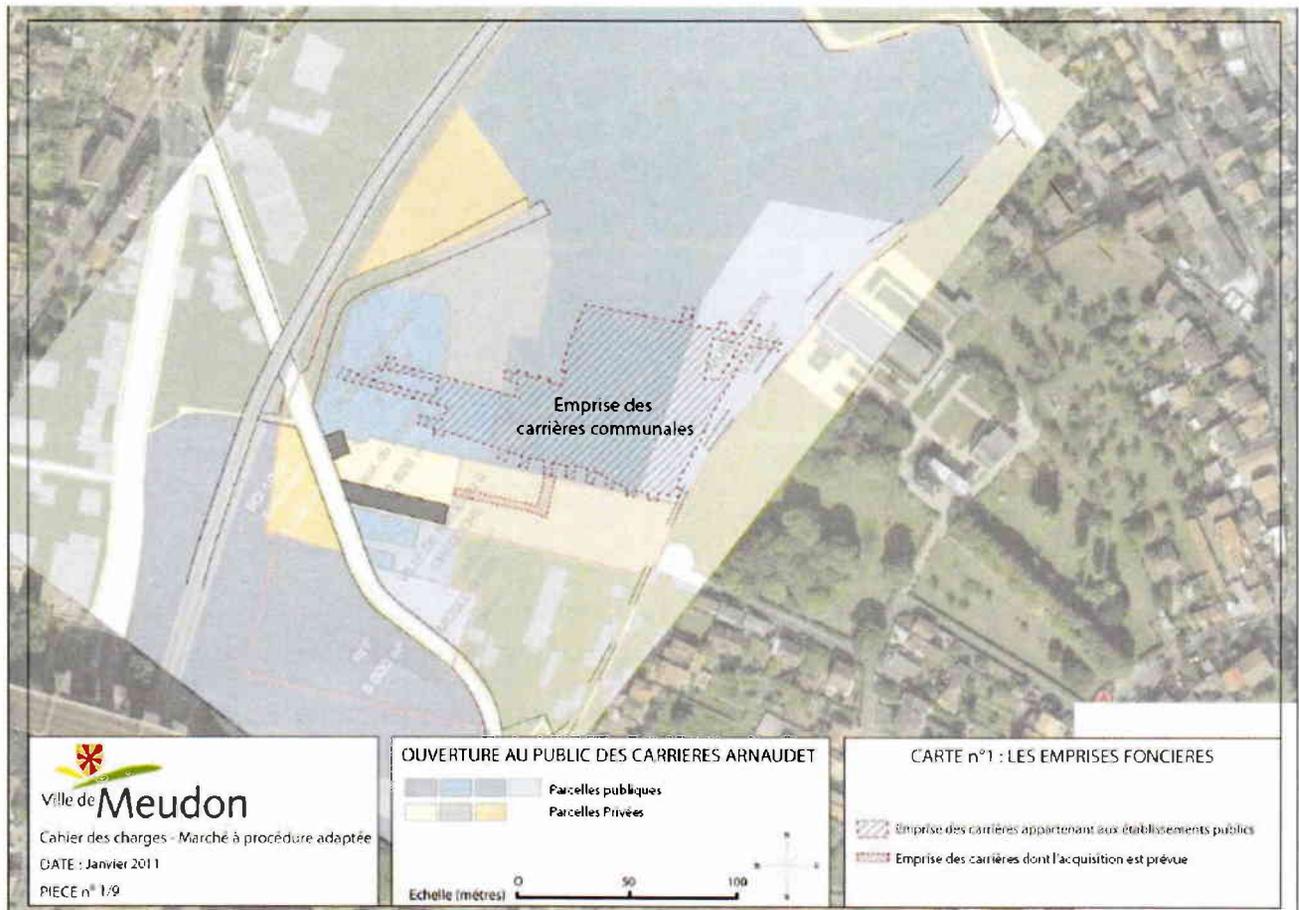


Au fur et à mesure de l'enfoncement dans les niveaux inférieurs, les planchers deviennent pente, les galeries sont moins bien finies, moins hautes et moins travaillées. Le dernier niveau des galeries de la ville est inondé, non visitable.



Les différents projets d'ouverture au public :

Alors qu'il est question d'ouverture des galeries au public depuis plus de 30 ans, les deux propriétaires privés peuvent décider ou non de faire visiter leurs galeries souterraines à leurs propres risques et périls ; la ville, pour sa part, a permis au Comité de Sauvegarde des Sites de Meudon de faire visiter les galeries communales lors des journées mondiales du patrimoine 2009 et 2010.



Une pérennisation de ce parcours et quelques aménagements, aussi minimes soient-ils, devront être programmés, analysés et supportés par la collectivité.



Actuellement, une étude d'aménagement de la colline est en cours, les 7 hectares de la colline Rodin devant créer un nouveau quartier de ville, durable et vivant, avec logements, ateliers d'artistes, commerces, espaces verts et entreprises artisanales.

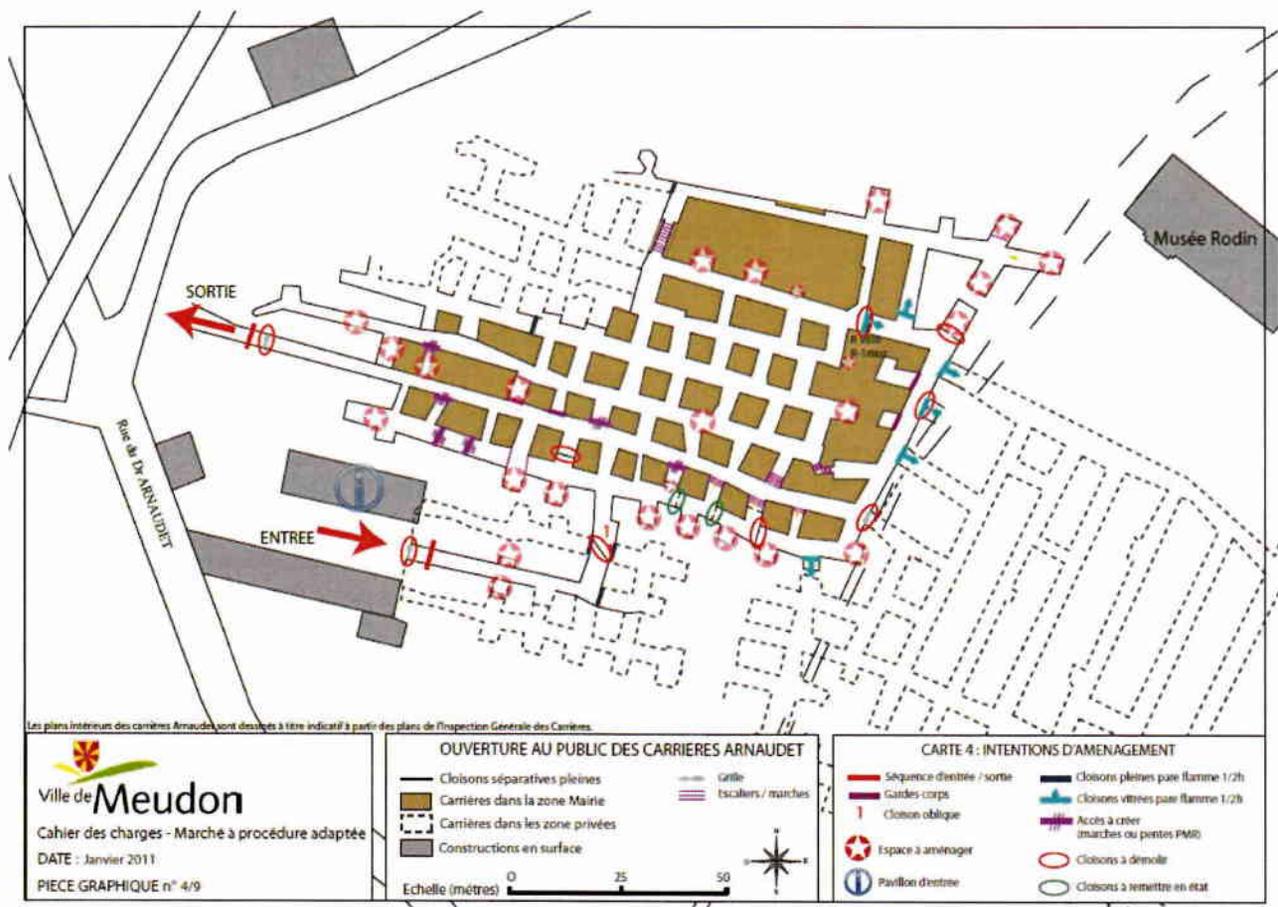
Les études menées par la Ville en collaboration avec le CAUE 92 ont abouti à un programme qui comprendrait notamment 3,7 hectares de parc au-dessus des carrières. La Ville et ses partenaires (CAUE 92, EPF 92) étudient les possibilités d'aménagement selon un modèle économique viable.

Profitant de ce projet d'aménagement de « surface », la Ville souhaite étudier la faisabilité d'ouverture des carrières communales au public.

Le marché public en cours de lancement par la ville porte sur l'analyse technico-économique préalable à l'aménagement d'un Établissement Recevant du Public (E.R.P) pour l'ouverture au public des carrières souterraines Arnaudet. Il s'agit d'un marché fractionné comprenant une tranche ferme et une tranche conditionnelle.

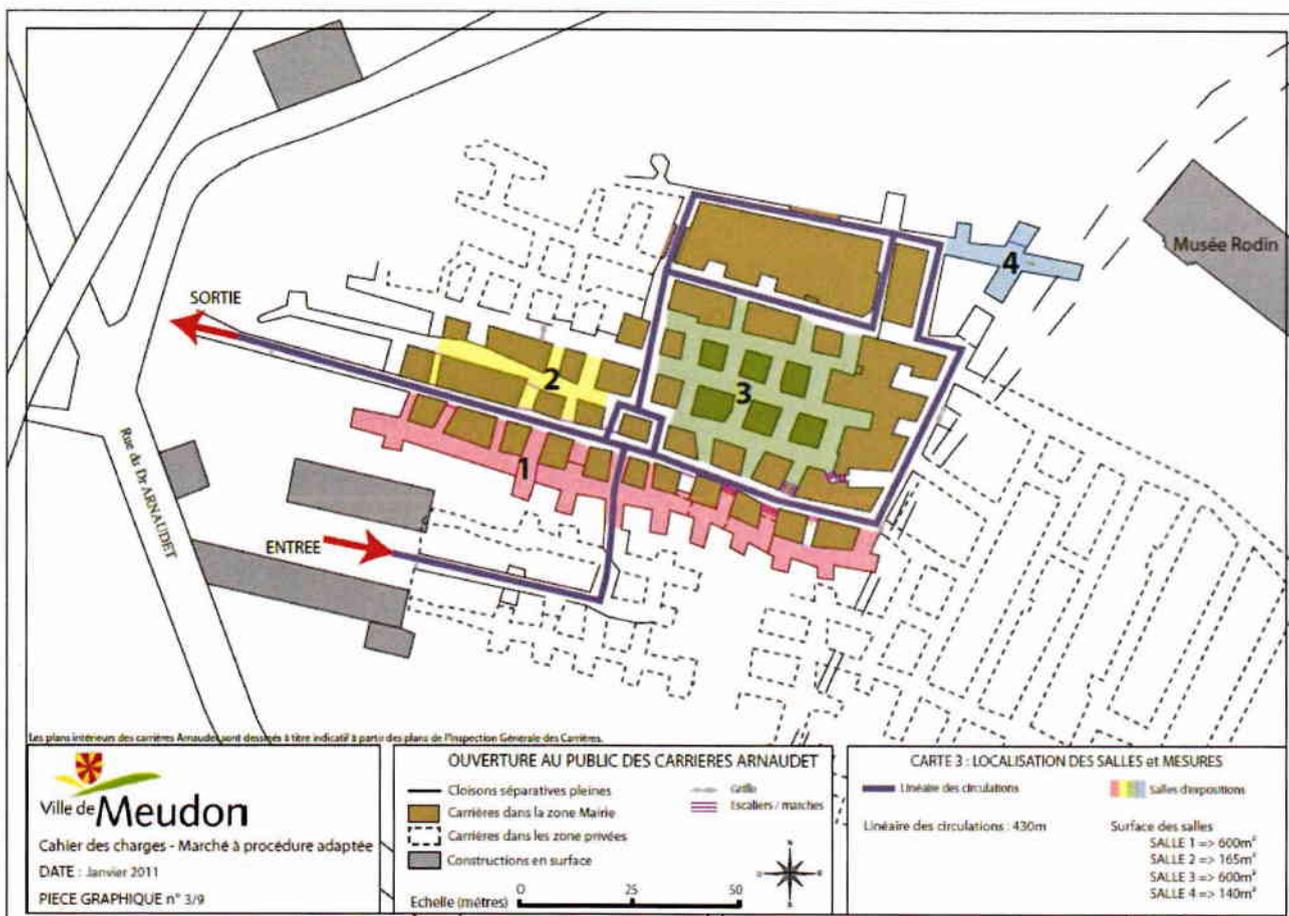
La tranche ferme a pour objet l'étude de stabilité géotechnique et l'analyse technico-économique des travaux de stabilité permettant l'ouverture des carrières au public. Cette analyse devra définir les risques liés à la configuration du site et les moyens à mettre en œuvre pour la pérennité du milieu souterrain. Les travaux de consolidation conséquents à cette étude en vue de l'ouverture au public seront chiffrés et détermineront la poursuite de la phase conditionnelle.

La tranche conditionnelle consiste en l'étude de la faisabilité technique du chiffrage de la mise en conformité des galeries au regard de la réglementation des Établissements Recevant du Public en vigueur (sécurité incendie et accessibilité pour Personnes à Mobilité Réduite).



A l'issue de chaque phase, la ville aura une estimation du coût des travaux, tout d'abord des travaux de sécurisation liés à la stabilité du site, puis de ceux nécessaires à la sécurité des personnes et à leur bonne évacuation en cas d'incident.

Notez qu'à ce stade il n'y est comprise aucune scénographie, alors que les coûts prévisibles effraient déjà si d'aventure il convenait de renforcer des piliers à 60 mètres sous terre, comme le concluent les études de sols des différentes ZAC avortées et « mort-nées » sur la colline...



Alors que l'on se prend facilement à rêver de parcourir tous les niveaux, d'organiser des réceptions grandioses, de reconstituer un atelier d'extraction de craie, de baliser les galeries de bornes interactives pour un parcours audio-guidé, d'organiser des ateliers d'expériences scientifiques, de dédier des salles, ou même des niveaux entiers aux effets visuels, à des projections d'œuvres ou de vidéos, à des jeux de lumières, à des expositions artistiques, à des studios de musiques ou à d'autres activités artistiques avec des locations d'espaces pour des expositions géantes Et même jusqu'à où l'imagination collective et individuelle peut nous porter...

Les intérêts géologique, scientifique, historique, esthétique et culturel du lieu permettent de rêver, mais la pérennité d'un parcours souterrain ouvert au public est avant tout soumise à des impératifs réglementaires et financiers. La ville peut-elle exploiter et/ou gérer elle-même un tel site avec la maintenance et la surveillance qu'il nécessite ?

Les crayères des Montquartiers, entreprise privée située à Issy-les-Moulineaux, à moins d'un kilomètre de notre colline, peinent à assurer leurs frais de fonctionnement et diversifient leurs activités entre : réceptions, activités événementielles, locations de salle, bar, restaurant et visites des galeries souterraines par le public, en partenariat avec la commune...

Les exploitants de sites culturels et autres agences d'ingénierie événementielle pourraient supporter les coûts liés aux consolidations et aménagements de scénographie mais ne disposent pas de la place nécessaire pour garer des cars de touristes et leur faire faire demi-tour. La situation enclavée dans une rue en sens unique du site des carrières municipales de Meudon est pour eux rédhibitoire, rentabilité d'investissements lourds oblige !

Ainsi s'achève mon premier article dans ce bulletin associatif, espérant qu'il vous aura fait voyager et un peu instruit !

Sources :

- **Bulletin d'information des géologues du bassin de Paris Vol 27 n°4 – 1990.**
- **Mémoire de maîtrise de la Science de la terre et de l'univers de Christelle Courbet, « réseau karstique de Meudon », 2004.**
- **Exploitation de la pièce des Brillants au cours du XIXème siècle par Marie-Thérèse Herlédan**
- **Les carriers et carrières L. Simonin, 1868.**
- **La Craie de Meudon, M. Viré, Aspects de la géologie de l'Ile-de-France Sud, cahiers de l'Université Paris-Sud n°3, 1982.**
- **Les multiples nécessités de conserver les carrières souterraines de Meudon, GESCAS, 1985.**
- **Exposition relative aux métiers meudonnais au 19^{ème} siècle présentée au Musée de Meudon, 1988.**
- **Bulletin n° 70 du Comité de Sauvegarde des Sites de Meudon, dont articles de D. Obert et JP Gely, 1989.**
- **Document "exemples de réalisations de revalorisation des carrières souterraines" Cécile Bouillet, mai 2009.**
- **Marché à Procédure adaptée pour Analyse technico-économique et étude préalable à l'aménagement d'un ERP pour l'ouverture au public des carrières souterraines Arnaudet, janvier 2011.**
- **Photographies prises par l'auteur lors des missions qui lui ont été confiées par la ville.**

Proposition pour une approche géologique

par Michel Colchen

Les carrières classées de la colline Rodin, creusées dans la craie, présentent plusieurs points d'intérêt : leur histoire du XIX^{ème} siècle à nos jours, leur esthétique (voûtes en plein cintre avec des croisées d'ogive d'une pureté étonnante) et leurs caractéristiques géologiques (la craie en elle-même, les fossiles récoltés dans les galeries, les failles et autres structures témoins des contraintes subies par la roche depuis son dépôt il y a plus de 80 millions d'années jusqu'à des périodes récentes, failles qui ont favorisé la circulation des eaux de ruissellement jusqu'à creuser d'importantes cavités karstiques).

Un projet global d'aménagement des galeries souterraines est actuellement à l'étude par les services techniques de la mairie de Meudon, l'idée étant de guider les visiteurs selon des circuits balisés où seront présentés divers documents qui faciliteront la découverte de ce site singulier.

C'est dans cet esprit que nous proposons ici une approche selon un circuit balisé où seraient localisés plusieurs stations ou sites présentant un intérêt géologique. Chaque site serait présenté par un panneau de type poster placé à proximité, illustré par des schémas et par un court texte explicatif selon deux niveaux d'approche : un niveau « découverte » accessible à tous et un niveau plus approfondi « pour en savoir plus ».

Soulignons par ailleurs que certains des aspects géologiques reconnus dans les galeries ont un grand intérêt scientifique et pédagogique : le passage Crétacé-Tertiaire, très bien exposé dans la galerie d'accès du 11 rue du Dr Arnaudet, un bel exemple de karst récent dont la voûte fracturée est un exemple remarquable de néotectonique (événement récent de -15 000 ans).

1 - Les aménagements

Les services techniques de la ville assureraient le balisage du circuit et l'éclairage des sites.

Nous évoquerons ici la réalisation et la mise en place des panneaux explicatifs et la création dans l'immeuble prévu à l'entrée des carrières d'une librairie-bibliothèque où pourraient être proposés et consultés des ouvrages traitant des divers points d'intérêt présentés par les carrières.

Ces panneaux pourraient être conçus comme le sont les posters, comprenant un court texte illustré par des schémas et des photos. Ils seraient soit fixés sur la paroi des galeries, dans la mesure où celles-ci seraient sécurisées et à l'abri des tagueurs... soit, dans le cas contraire, installés seulement lors des visites.

De nombreux ouvrages et articles se rapportant à l'histoire de l'exploitation des carrières, à leur architecture et à leurs caractéristiques géologiques devraient pouvoir être consultés par les visiteurs intéressés.

On pourrait enfin envisager la création d'un musée de la pierre, compte tenu de la diversité des pierres reconnues à Meudon et qui, pour la plupart, ont été exploitées : la craie avec le « blanc de Meudon », mais aussi l'argile, les calcaires du lutétien utilisés pour la construction de plusieurs ouvrages ou le gypse pour la fabrication du plâtre, le sable de Fontainebleau en verrerie, les meulière pour de nombreuses villas.

Dans un tel musée, des projections vidéo de courte durée portant sur l'histoire de ces pierres pourraient être proposées aux visiteurs.

2 - Les sites d'intérêt géologique

Plusieurs sites présentant un intérêt géologique ont été repérés. On pourrait ainsi envisager plusieurs stations illustrées chacune par un panneau :

- station G1, géologie du site de la colline Rodin (à l'entrée des galeries)
- station G2, les galeries souterraines, leur stabilité
- station G3, la craie, le sédiment, sa constitution et sa formation
- station G4, les fossiles découverts dans les carrières
- station G5, les silex de la craie
- station G6, les fissures ouvertes comblées par de l'argile
- station G7, un exemple de cavité karstique
- station G8, un exemple de néotectonique
- station G9, le passage Crétacé-Tertiaire

Station G1 : géologie du site de la colline Rodin (fig. 1)

La colline Rodin, située sur le flanc est du ru d'Arthelon, est individualisée dans des terrains sédimentaires disposés en strates superposées entre les cotes +39 et +85 mètres.

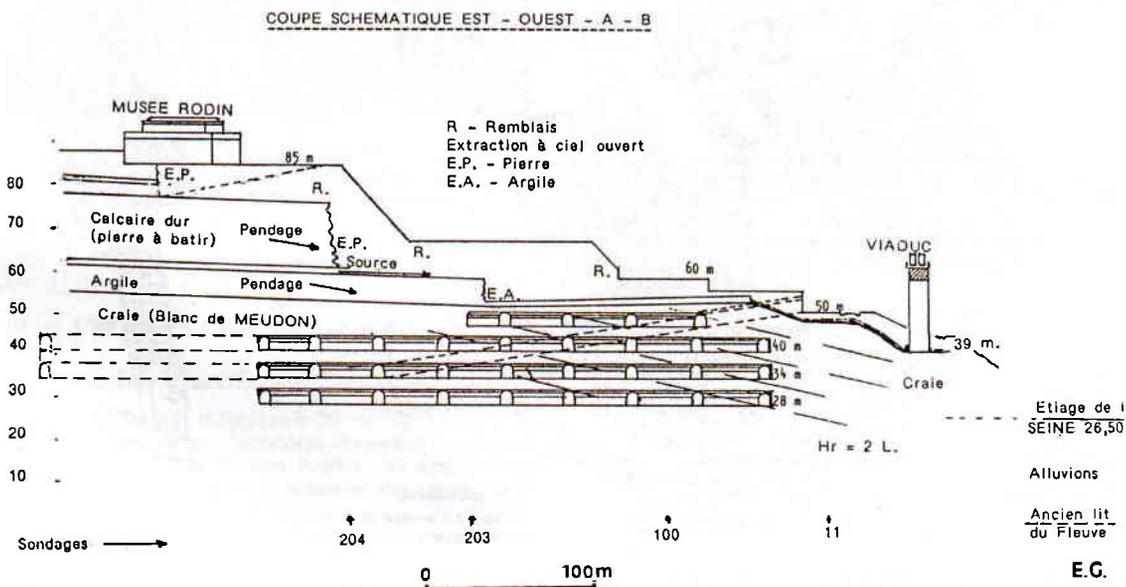


Fig. 1 - Profil géologique de la colline Rodin sur lequel figure l'emplacement des galeries souterraines creusées dans la craie du Campanien, dernier étage représentatif ici de l'Ère Secondaire. (E. GOSSÉ, 1990).

Ainsi, du bas vers le haut, la succession stratigraphique est la suivante :

- le sommet de la *craie campanienne* ;
- des *sables argileux et calcaires* mal stratifiés, d'épaisseur centimétrique à décimétrique, strate dite « de Meudon », de la base du Paléocène (Montien) ;
- des *argiles plastiques* de plusieurs mètres d'épaisseur, qui, exploitées au XIX^{ème} siècle dans des carrières à ciel ouvert, ne représentent plus maintenant qu'un placage de quelques décimètres

d'épaisseur. Cette couche imperméable protège les carrières sous-jacentes des infiltrations d'eau de pluie et, ainsi, joue un rôle important dans la stabilité des galeries souterraines.

- les calcaires du Lutétien (4 à 5 mètres), soubassement du musée RODIN, constituent un escarpement entre les cotes 80 et 85 mètres, bien visible dans le paysage ;

- vient ensuite une couche de gypse exploitée en galeries souterraines, de tracé très sinueux et irrégulier.

L'ensemble de ces assises est recouvert d'un remblai de plusieurs mètres d'épaisseur, fait de sable carbonaté, de blocs divers, le tout mal cimenté, donc instable, et que seule une végétation d'herbe et d'arbustes semble maintenir.

En savoir plus : la colline Rodin dans le cadre du Bassin de Paris

L'entrée des carrières au 7 rue du Docteur Arnaudet est à la cote +50 mètres qui, ici, correspond à la limite entre le sommet du Crétacé et la base du Paléocène, soit entre les Ères Secondaire et Tertiaire, limite que l'on pourra observer plus en détail lors des visites. Or, comme le montre la coupe ci-dessous (fig. 2), cette même limite est, à la verticale de Montmartre, à -50 mètres sous le 0 marin de référence.

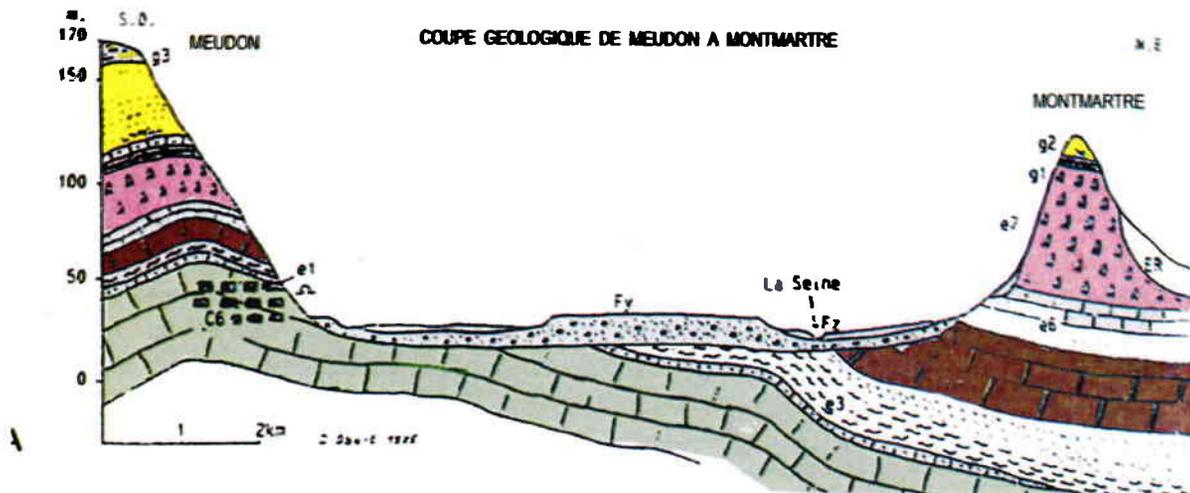


Fig. 2 - Coupe géologique schématique de Meudon à Montmartre (modifiée par M. COLCHEN 2003, d'après D. OBERT, 1989) ; l'échelle des hauteurs est multipliée par 25. c6 : Campanien ; e1 à e7 : succession des strates du Paléocène et de l'Eocène et g1 à g3, de l'Oligocène.

Cette différence de cote est due à l'inclinaison des couches vers le nord-ouest et à la présence d'un pli anticlinal (bombement) sous Meudon. Cette situation s'intègre bien dans « la cuvette du Bassin de Paris », dont naturellement les différentes strates sont inclinées vers Paris, située sensiblement au centre (fig.3).

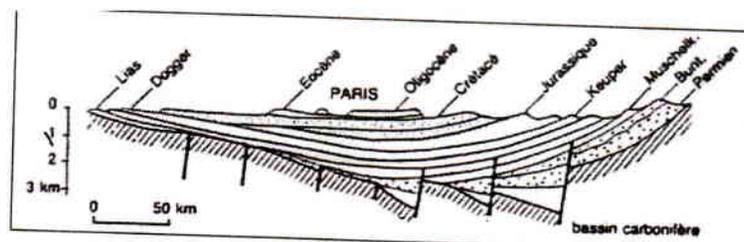


Fig. 3 - Le dispositif en cuvette des couches géologiques du Secondaire et du Tertiaire dans le Bassin de Paris

(extrait de DEBELMANS et MASCLE, Les grandes structures du globe, 2001, Masson éd., 2001).

On notera enfin que l'épaisseur des terrains tertiaires est notablement plus réduite à la verticale de Meudon que sous Montmartre. Ce fait est constaté précisément au niveau de l'anticlinal de Meudon, dont l'extension est régionale (figs. 4 et 5), et qui apparaît comme un secteur à faible taux de sédimentation pendant tout le Tertiaire.

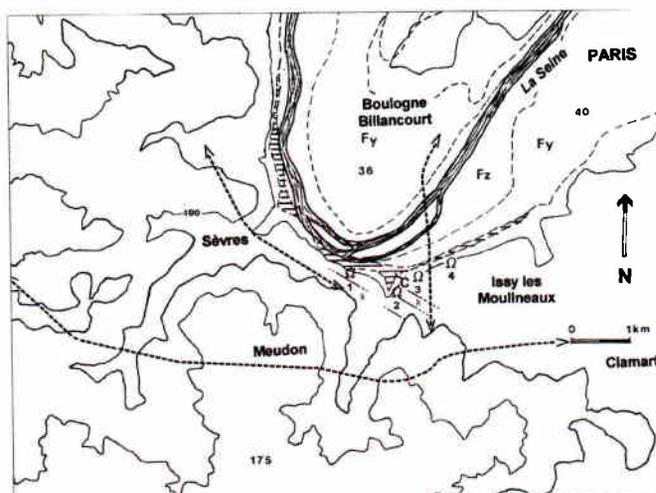


Fig. 4 - Carte précisant la situation des carrières Arnaudet et de l'anticlinal de Meudon (D. OBERT, 2003).

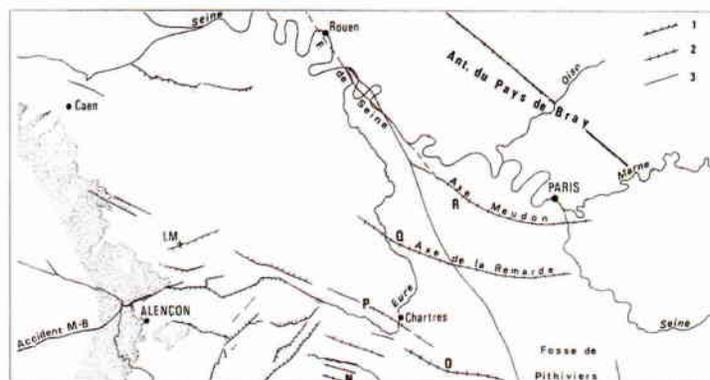


Fig. 5 - Carte des principaux axes anticlinaux du centre Bassin de Paris (extrait de Cl. LORENZ, 1992).

Station G2 : les galeries souterraines

Creusées dans la craie, les galeries souterraines sont organisées en deux systèmes de direction sensiblement Nord-Sud et Est-Ouest (fig. 6). Largues de 4 à 5 mètres, hautes de 5 à 15 mètres, elles sont réparties en 3 ou 4 niveaux superposés. Se croisant à angle droit, elles sont séparées par des piliers individualisés dans la craie, réalisant un dispositif dit en « piliers tournés » (fig. 7). Aucune autre structure ne vient renforcer l'ensemble, qui est ici d'une remarquable stabilité.

Les voûtes en plein cintre, creusées au peigne, montrent, au croisement de deux galeries, des croisées d'arêtes du plus bel effet esthétique.

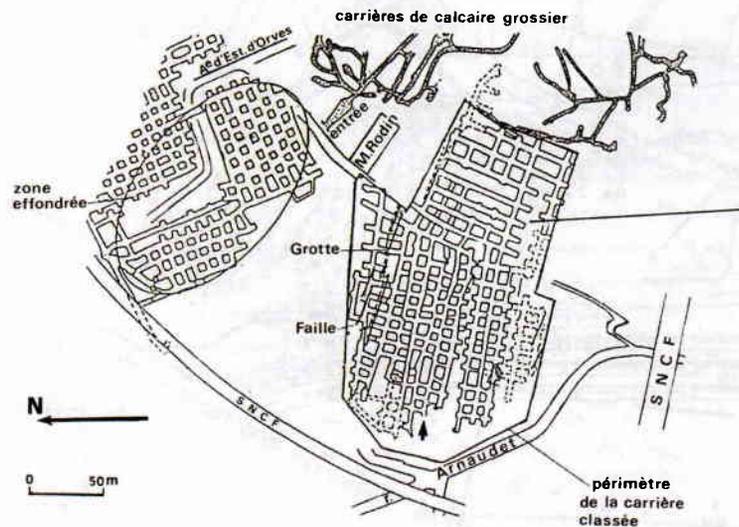


Fig. 6 - Plan des galeries souterraines de la colline Rodin montrant le tracé régulier du réseau de galeries creusées dans la craie contrastant avec le chevelu des galeries creusées dans les calcaires lutétiens et la couche de gypse (in E. GOSSÉ, 1990).

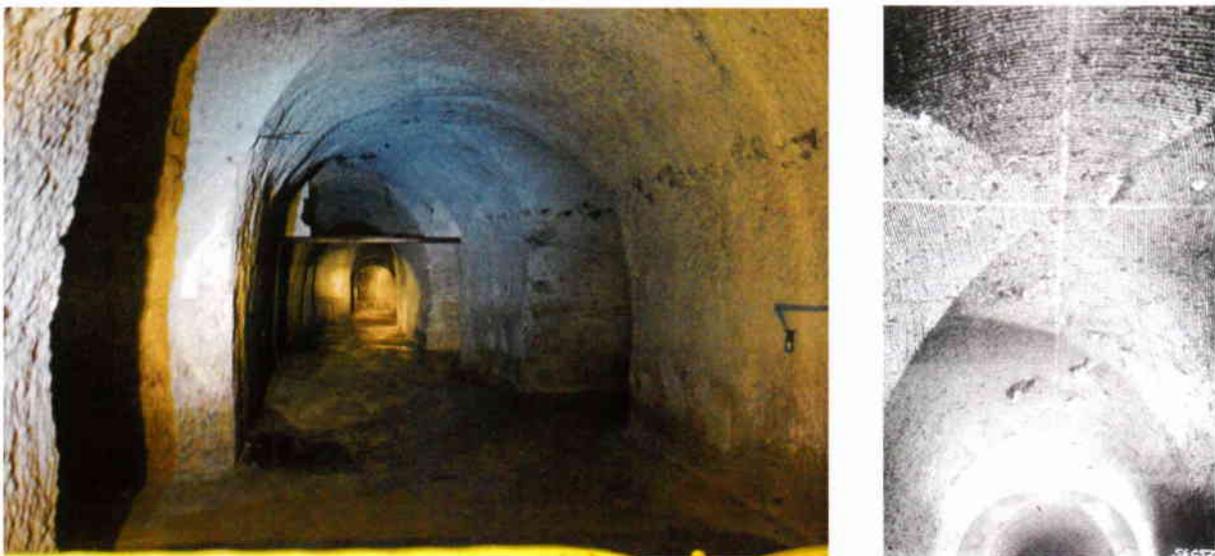


Fig. 7 – A gauche : piliers tournés de part et d'autre d'une galerie souterraine (photo B. Escaich). A droite : croisée d'arêtes au croisement entre deux galeries.

En savoir plus : la stabilité des galeries souterraines

Des analyses approfondies effectuées en laboratoire, ont montré que les plaquettes de calcite, les coccolithes, dont l'accumulation au fond des mers est à l'origine de la craie, sont reliées entre elles par des molécules d'H₂O qui assurent la cohérence de l'ensemble. Cependant un accroissement de la teneur en H₂O va rompre cette cohésion, la craie devenant alors plastique. Ainsi, la stabilité des galeries souterraines apparaît quelque peu paradoxale.

Vincent MAURY, expert en mécanique des roches, a écrit :

« les galeries de la carrière Arnaudet ont montré une stabilité exceptionnelle, confirmée dans le temps...

... le secteur Arnaudet a montré et ne montre pratiquement aucun signe ou manifestation d'instabilité, selon les mécanismes courants en travaux souterrains...

Station G3 : la craie

La craie est une roche sédimentaire formée par l'accumulation, au fond de la mer, de petits disques de calcite, *les coccolithes*, provenant du test d'algues unicellulaires, *les coccolithophoridés* (fig. 8).

La craie apparaît comme une roche homogène ; à la différence des calcaires du Lutétien, elle n'est pas subdivisée en bancs superposés séparés par des joints argileux ; seuls des lits discontinus de silex viennent interrompre épisodiquement cette homogénéité.

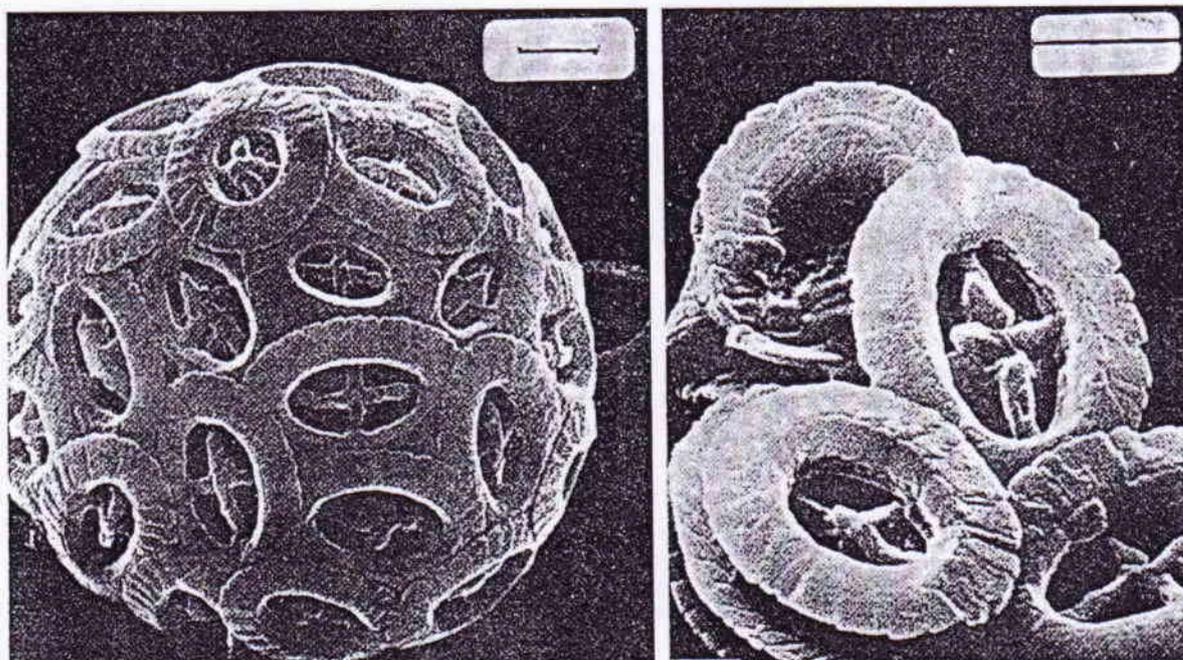


Fig. 8 - A gauche : exemple de coccolithophoridé vivant actuellement dans les eaux marines côtières. On distingue nettement les plaquettes en calcite disposées autour de l'algue unicellulaire (photo prise au microscope électronique à balayage-MEB). A droite : accumulation de disquettes en calcite détachées de l'algue. Il y a environ 75 millions d'années, le Bassin de Paris était recouvert par une mer peu profonde où prospéraient ces algues unicellulaires avec une densité du million par litre. Echelle : un millième de millimètre. (photos Lab. Algologie fondamentale et appliquée, Univ. Caen, in Bull. CSSM n° 70, 1989).

En savoir plus : la craie des carrières Arnaudet (extrait de J.P. GELY, 1990)

La sédimentation de la craie a débuté dans le Bassin de Paris il y a environ 100 millions d'années et s'est poursuivie presque sans interruption pendant plus de 30 millions d'années, justifiant ainsi le nom de Crétacé donné à cette période.

Dans les galeries on peut observer deux types de craie :

- une craie blanche, légèrement pulvérulente,
- une craie brunâtre, indurée au sommet de la formation (1 à 2 mètres d'épaisseur), traversée de tubulures d'origine animale (animaux fouisseurs) et végétale (racines).

L'observation en laboratoire au microscope à balayage apporte quelques précisions sur la constitution et la formation de la craie à partir des plaquettes de coccolithes déposées au fond de la mer.

- la craie blanche est essentiellement constituée de nanograins de calcite serrés et engrenés, peu ou pas cimentés (fig. 9).

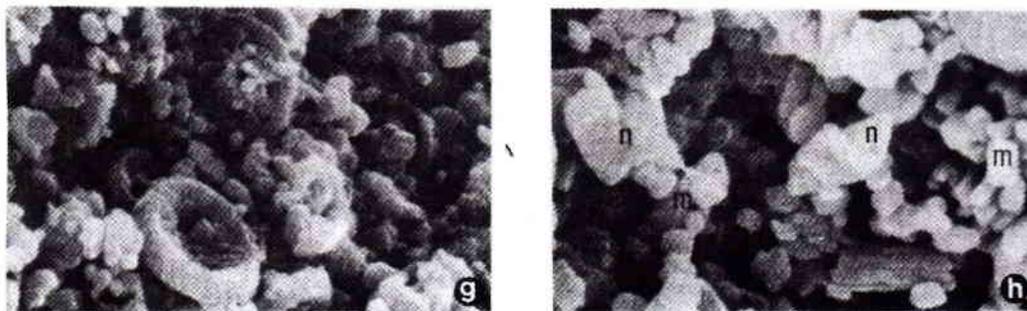


Fig. 9a - Craie blanche à 7 mètres sous la surface d'émergence ; la roche est très peu cimentée et la porosité forte.



Fig. 9b - Coccolithes de la craie vus au MEB.

- La craie brunâtre indurée est composée de petits grains de calcite serrés et engrenés (nanograins) et de quelques nanofossiles constituant le sédiment originel dont les pores ont été remplis par de nouveaux grains constituant le ciment de la craie indurée (fig. 10).

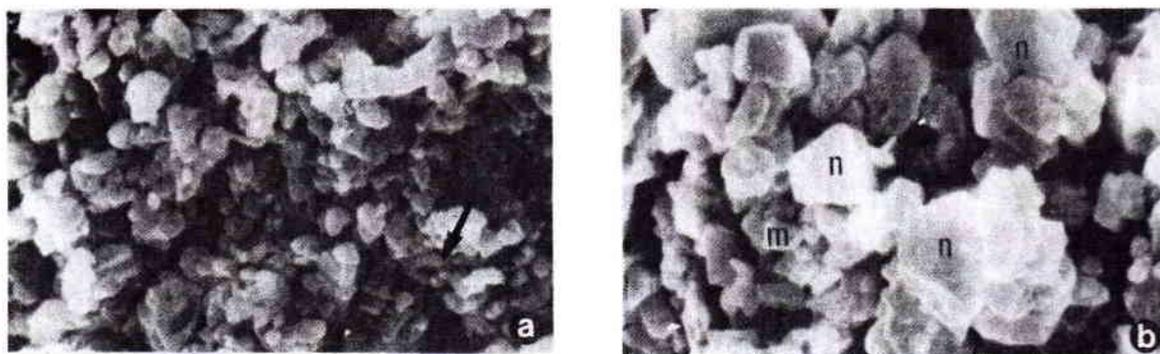


Fig. 10 - Craie indurée observée au MEB montrant une cimentation des nanograins de calcite.

D'une façon générale, on constate que la cimentation des nanograins de calcite diminue du haut vers le bas depuis le sommet de la craie indurée, ancienne surface d'érosion, et disparaît au-delà de 6 mètres de profondeur.

Ainsi, l'induration de la craie est un phénomène postérieur à la sédimentation ; elle s'est développée lors de l'émersion, à la fin du Crétacé, pendant le Maastrichtien, absent à Meudon, soit entre -70 et -65 millions d'années.

Station G4 : les fossiles récoltés dans les carrières

Les carrières Arnaudet ont livré une abondante faune de fossiles invertébrés et vertébrés, récoltés dans la craie, les calcaires de Meudon et les argiles plastiques (fig. 11).

4.1 Les fossiles de la craie

Outre les coccolithes provenant du test d'algues marines unicellulaires, la craie renferme de nombreux autres fossiles marins : rostre de bélemnites et moules internes et externes d'ammonites (céphalopodes), bivalves, brachiopodes, bryozoaires, oursins, etc... Ces fossiles marins ont, pour la plupart, disparu à la fin de l'Ère Secondaire (cf. la crise Crétacé - Tertiaire, KT) ; en milieu terrestre, la disparition des dinosaures en est la manifestation la plus connue.

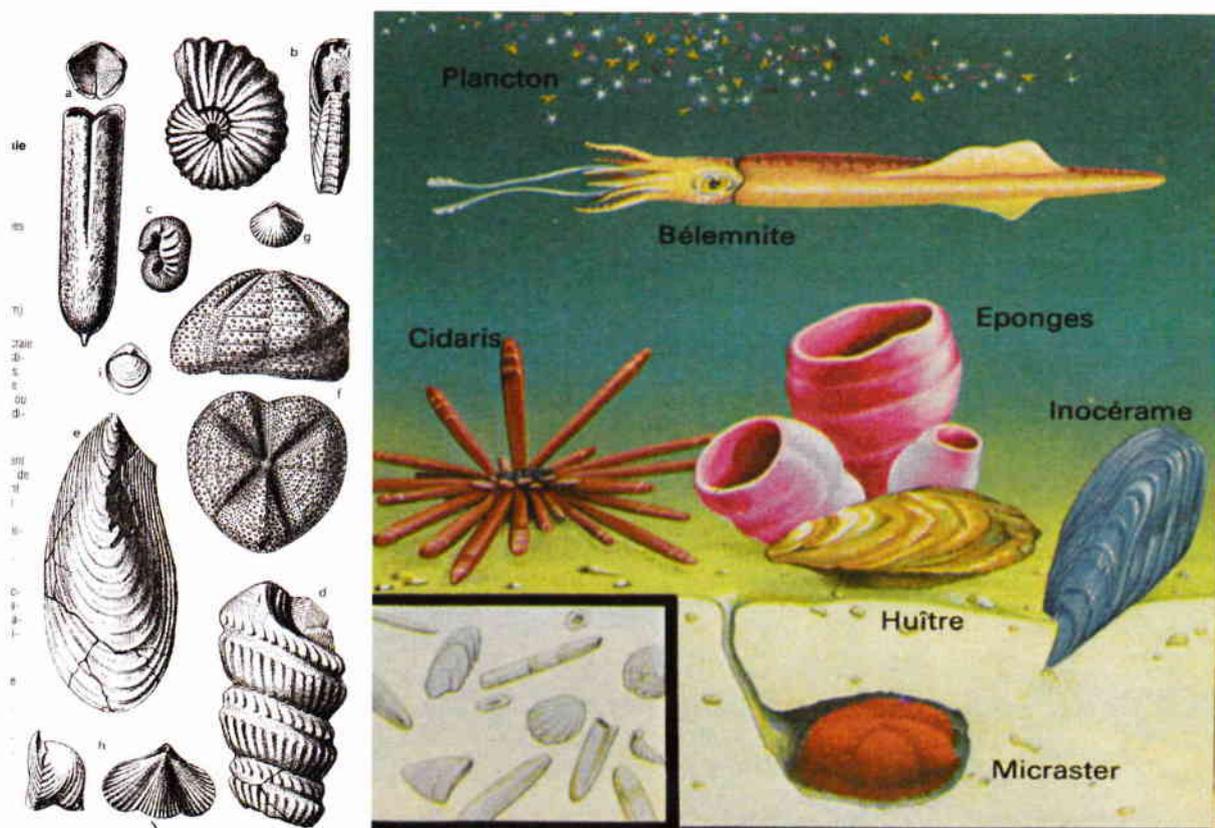


Fig. 11 - Fossiles récoltés dans la craie (extrait de Pierre Freydet et al, Sc. Nat., classe de 4^{ème}, 1979).
*A gauche, de haut en bas on reconnaît : des céphalopodes (bélemnite et ammonite), des oursins micraster, un lamellibranche (lima), des brachiopodes (rynchonelle) et un gastéropode (turritelle).
 A droite, représentation de quelques fossiles marins dans leur lieu de vie.*

4.2 Les fossiles de vertébrés du début de l'Ère Tertiaire (Paléocène)

Après l'émersion de la fin du Crétacé (-70 à -65 millions d'années), la mer revient dans le Bassin de Paris au Montien (-65 à -60 Ma) avec le dépôt des calcaires de Meudon, puis se retire de nouveau au Sparnacien (-60 à -55 Ma).

Ainsi, « *La mer fait place à un delta marécageux dans lequel le bombement anticlinal de Meudon formait une sorte de haut fond sur les flancs duquel s'accumulaient les produits de son érosion et les restes des animaux vivant à proximité* » (extrait de D. OBERT, 1989).

On a récolté des fossiles dans le conglomérat de Meudon, dans les argiles du Sparnacien et dans le remplissage des cavités karstiques (figs. 12 et 13). Parmi les fossiles récoltés, citons : *hyaecotherium*, ancêtre du cheval de la taille d'un fox-terrier, des restes de poissons, batraciens, reptiles, marsupiaux, primates, et le célèbre *coryphodon*, mammifère ongulé tapiridé, trouvé par A. GALOYER, géologue amateur meudonnais. (RUSSELL et GALOYER, 1989).

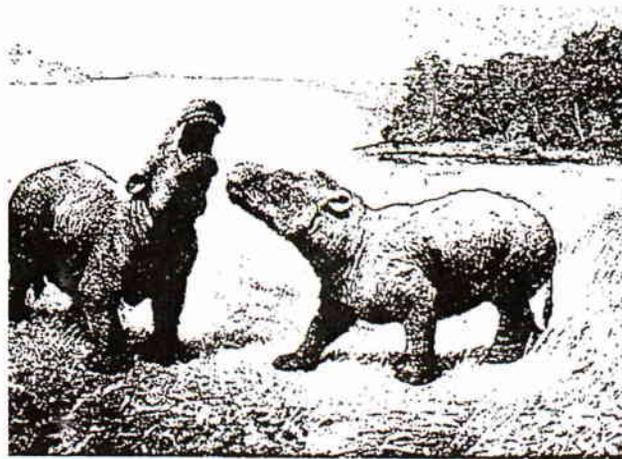


Fig. 12 - Un couple de coryphodons ; le mâle est à gauche, la femelle à droite (d'après le dessin original de Charles R. Knight, American. Museum of Natural History).

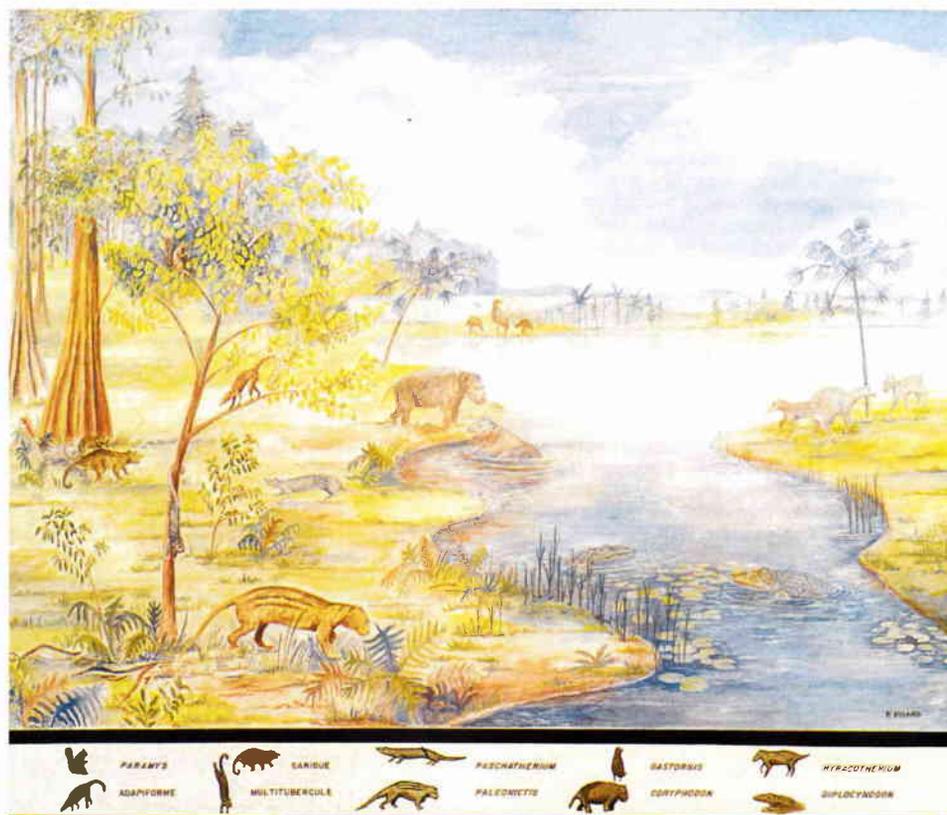


Fig. 13 - Reconstitution de l'environnement fluvio-lacustre avec quelques représentants de la faune trouvée à Meudon (extrait de D.E. RUSSELL, 1990).

En savoir plus : la répartition du coryphodon et la tectonique des plaques

Ce fossile a été trouvé en trois endroits différents, actuellement très éloignés géographiquement, au Canada, en Asie et à Meudon, découverte qui confère à Meudon une

renommée mondiale..., au sein de la communauté des géologues ! Cependant, cette répartition pose quelques petits problèmes concernant la position relative des continents.

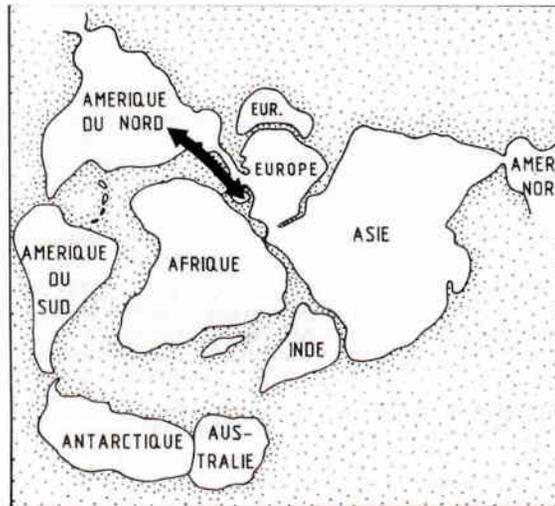


Fig. 14 - La position des continents il y a 55 millions d'années (figure in D.E. RUSSELL et al, 1990).

D'après la reconstitution de D.E. RUSSELL et al (fig. 14), les migrations des vertébrés terrestres pouvaient se faire entre l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Asie. Or, les cartes paléogéographiques, reconstituées d'après les données paléomagnétiques enregistrées dans les basaltes du plancher de l'océan Atlantique, conduisent à envisager un espace océanique plus important entre l'Amérique du Nord et l'Europe. Néanmoins, il est possible que les migrations aient pu se faire au niveau du détroit de Behring.

Station G5 : les silex de la craie (fig. 15)

Les silex, soit en rognons de forme irrégulière, plus rarement en lames de quelques centimètres d'épaisseur, l'ensemble étant disposé en lits subhorizontaux.



Fig. 15 - Alignement de silex dans la craie (photo B. Cabanis).

On distingue généralement deux parties, un noyau de couleur sombre et un cortex plus clair et crayeux. La croissance se fait de façon centrifuge depuis le noyau vers le cortex.

Les silex sont constitués de silice provenant de la dissolution du test siliceux d'organismes microscopiques. La silice (SiO₂) amorphe (calcédoine et opale) provient principalement de la

dissolution du test siliceux d'organismes marins microscopiques, les radiolaires, et végétaux, les diatomés, qui devaient proliférer dans la mer de la craie (fig. 16). A leur mort, la stabilité de la silice de leur test n'est plus assurée, la silice dissoute dans l'eau de mer va pénétrer dans les interstices de la boue crayeuse, en cours de diagenèse, puis va précipiter lorsque la concentration en silice atteint un certain taux.

Les organismes planctoniques qui ont contribué à la formation des silex sont des animaux (radiolaires) et des végétaux (diatomées)

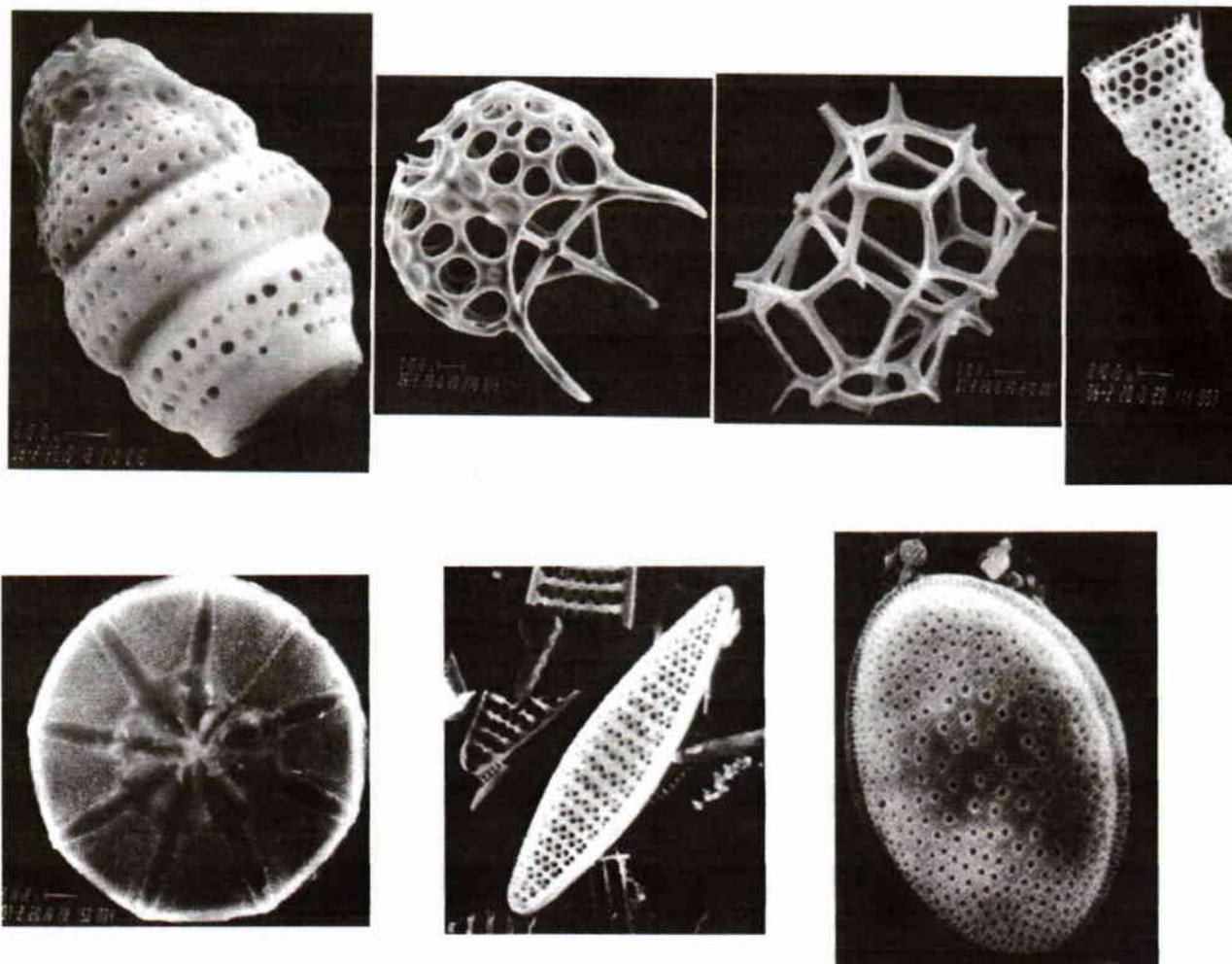


Fig. 16 – En haut : exemples de radiolaires à test siliceux photographiés au MEB.

En bas : diatomées observées au MEB.

La dissolution de la silice dans l'eau de mer est contrôlée par un certain nombre de paramètres (température, pression, acidité de l'eau) qui en font un phénomène complexe impossible d'exposer ici.

Station G6 : la fracturation

Les fissures ouvertes, comblées par de l'argile, que l'on peut observer dans cette galerie (fig. 17), correspondent à des failles qui apparaissent comme des plans de discontinuité, ici proches de la verticale, que l'on peut suivre sur plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines de mètres.

L'ouverture de ces fissures est liée à l'action des eaux météoriques acides qui, circulant dans ces plans de discontinuité, ont dissout la calcite de la craie, ouvrant ainsi une fissure. Ces eaux, circulant sur la couche d'argile située au dessus de la craie, ont transporté quelques fragments d'argile qui seront ensuite piégés dans ces fissures.

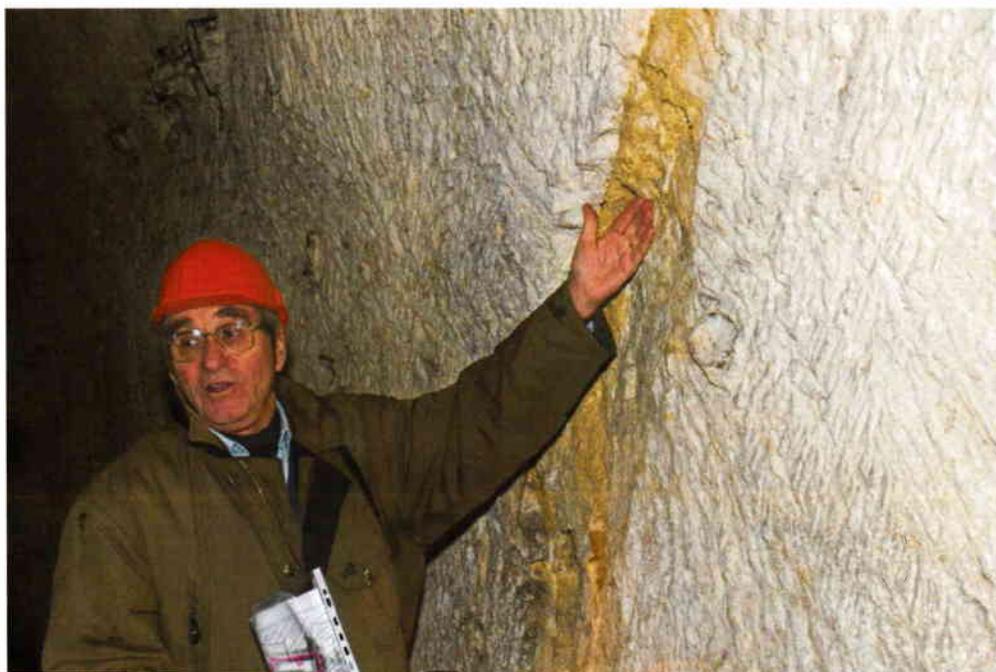


Fig. 17 - Fissure ouverte dans la craie selon un plan vertical parallèle à la paroi de la galerie (photo B. Cabanis).

En savoir plus : les fissures ouvertes dans la craie

De nombreuses failles ont été reconnues dans les galeries, dont on a pu mesurer la direction et l'extension (figs. 18 et 19). Ces failles se répartissent dans l'espace selon deux directions dominantes : NO-SE et NNE-SSO.

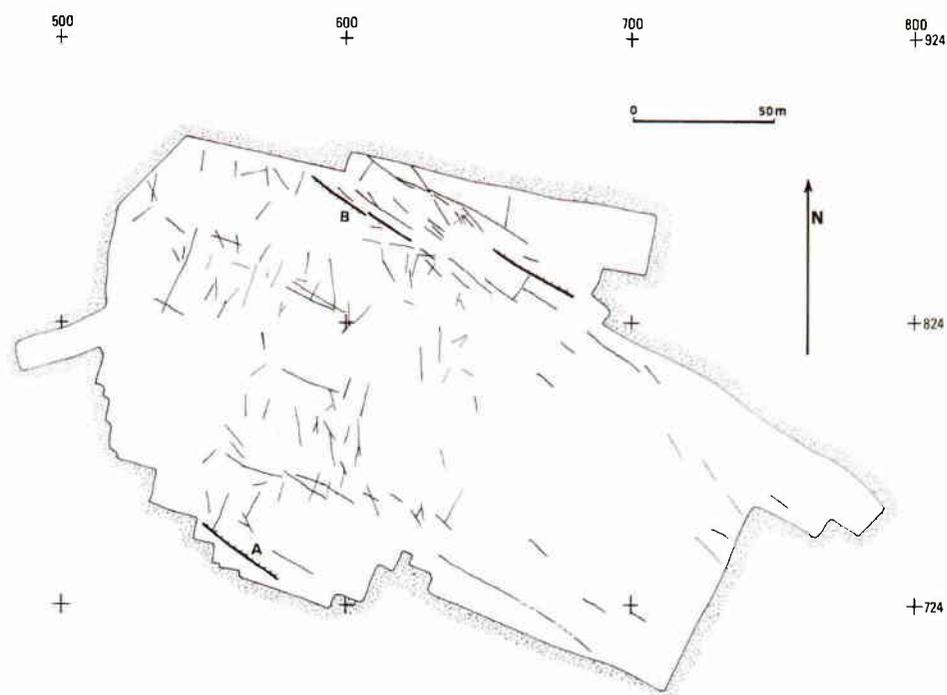


Fig. 18 - Carte de répartition des failles et diaclases reconnues dans les carrières Arnaudet ; A et B : deux failles majeures de direction NO-SE (in J.P. GELY et al, 1990).

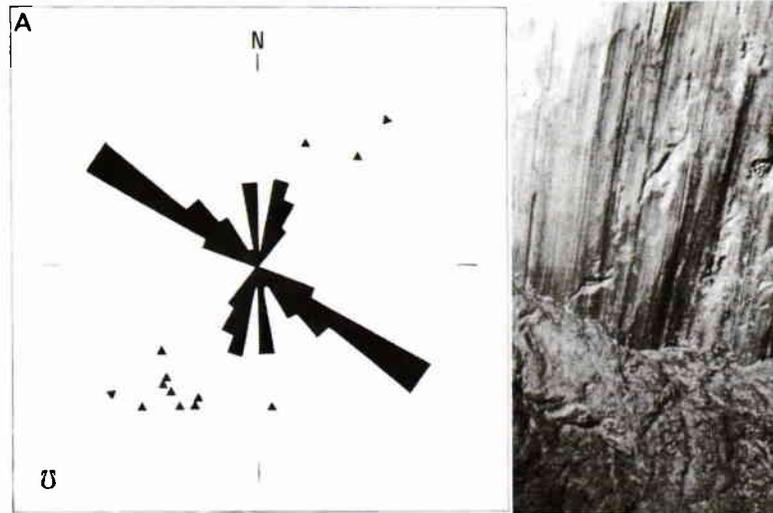


Fig. 19 – A gauche : rosace directionnelle de la répartition des failles reconnues dans les galeries (in J.P. GELY et al., 1990). A droite : les pans de fracture portent parfois des stries mécaniques de glissement de part et d'autre du plan de faille, leur inclinaison indiquant le sens du mouvement (photo E. GOSSÉ in M. de SOYE, 1999, repris par D. OBERT, 2003).

Station G7 : un exemple de cavité karstique

La circulation des eaux météoriques acides le long des plans de fracture peut s'accompagner d'une importante dissolution de la craie et conduire, si le phénomène se poursuit pendant plusieurs centaines d'années, à la formation d'une cavité karstique.

Les deux systèmes de galeries croisées a permis de mettre en évidence un bel exemple de cavité karstique (fig. 20).



Fig. 20 - Exemple de cavité karstique découverte à l'extrémité d'une galerie. Les éboulis visibles au premier plan proviennent du remplissage de la cavité par les sables calcaires de la base du Paléocène, reposant sur la craie et transportés dans le karst par les eaux de ruissellement. C'est dans ces sables qu'ont été trouvés les restes fossiles de vertébrés dont le célèbre coryphodon. (Photo B. Escaich).

Cette cavité karstique, dont on ne voit ici qu'une petite partie, se poursuit en fait sur plusieurs centaines de mètres. Elle comprend une grotte, dénommée salle GOSSÉ, du nom de son découvreur, de 2 m de large sur 4,50 m de haut, prolongée en profondeur par des fissures élargies (fig. 21).

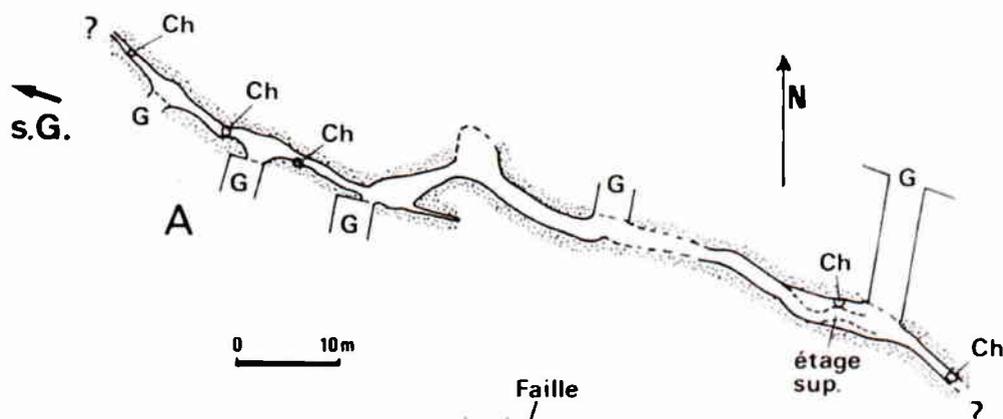


Fig. 21 - Plan de la cavité karstique. s.G. : salle GOSSÉ, à environ 100 m selon la flèche ; G : galeries ; Ch : cheminée (extrait de J.P. GELY et al., 1990).

En savoir plus : formation et âge du karst

Les dimensions et la forme de la cavité karstique changent selon la nature de la roche : rectangulaire dans les calcaires de Meudon, large et en ogive dans la craie indurée, en fractures ouvertes dans la craie sous-jacente (fig. 22)

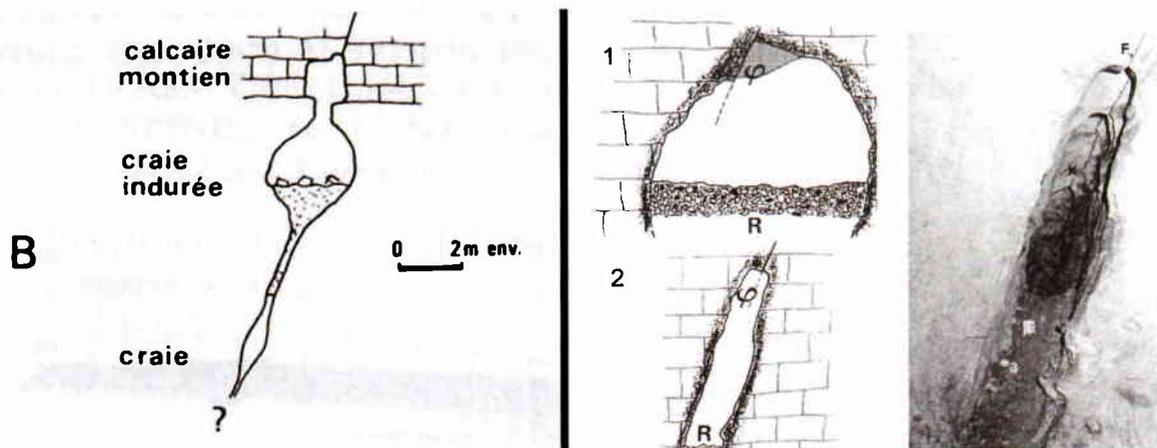


Fig. 22 – A gauche et au milieu : coupes schématiques montrant divers types de sections (figure de gauche, in J.P. GELY, 1990 ; figure du milieu in D. OBERT, 2003), R : remplissage du conduit karstique constitué de débris de calcaires montien et d'argiles sparnaciennes, ainsi que de fragments de vertébrés fossiles. A droite, cavité karstique remplie d'argile (extrait de D. OBERT, 1989). F : faille visible au plafond de la cavité creusée dans la craie, cavité partiellement comblée par de l'argile (e3) provenant de l'érosion du niveau d'argile plastique sous-jacent.

Les observations effectuées par divers auteurs montrent que la formation de cette cavité karstique a été conditionnée par deux facteurs principaux : la fracturation et le circulation de l'eau. La présence de nombreuses failles dans le secteur de la cavité karstique montre à l'évidence que sa formation a été guidée par le réseau de failles.

La couche d'argile plastique imperméable située au dessus de la craie et des calcaires de Meudon s'oppose naturellement à toute infiltration. Cependant, une importante phase d'érosion au cours de la dernière glaciation (Wurm IV, soit vers -15.000 ans) a vu se creuser le val

d'Arthelon dont les eaux, en amont, ont érodé la couche d'argile, mettant ainsi à nu la craie, les eaux s'infiltrant dans celle-ci.

L'âge du karst se trouve ainsi déterminé, vers -15.000 ans, âge qui peut être corrélé avec le creusement de la vallée de la Seine et le développement de sa plaine alluviale.

Station G 8 : un exemple de néotectonique

On peut observer ici (fig. 23) que le toit de la cavité karstique est recoupé par une faille verticale dont le miroir, visible sur le compartiment abaissé, porte des stries mécaniques de glissement vertical.

Cette tectonique cassante qui affecte le plafond du karst est donc plus récente que celui-ci, dont l'âge a été évalué à -15.000 ans.

Il s'agit là d'un bel exemple de néotectonique observé dans le Bassin de Paris, l'une des régions les moins sismiques de France et d'Europe, qui reste néanmoins soumise aux contraintes régionales permanentes en liaison avec la tectonique des plaques.

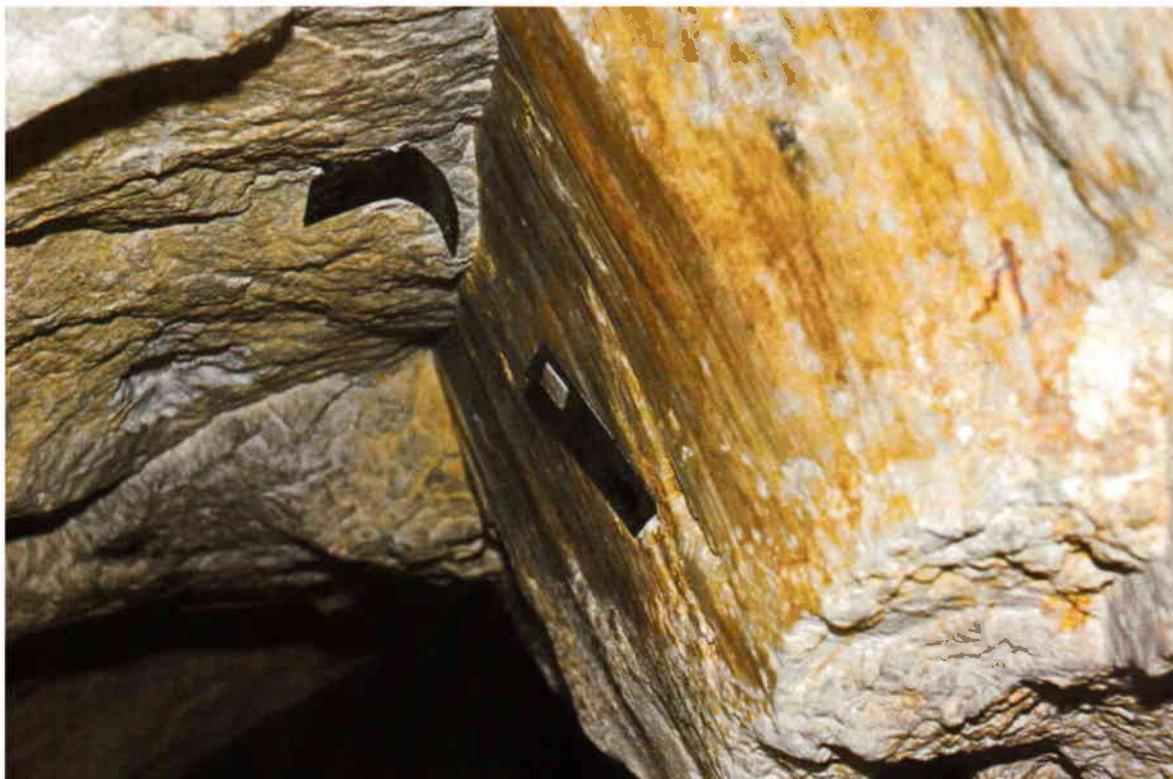


Fig. 23 - Les deux blocs du plafond de la cavité karstique étaient réunis en continuité avant d'être décalés par le jeu de la faille F. Noter aussi M : miroir de faille visible sur l'un des blocs portant des stries de glissement verticales qui donnent le sens du mouvement (extrait de D. OBERT 1989).

En savoir plus sur la néotectonique

La lithosphère, enveloppe externe du globe, se compose de la croûte continentale ou océanique, superposée au manteau supérieur. Elle est, en permanence, soumise à des forces orientées (contraintes) liées à la tectonique des plaques.

La réaction à ces contraintes se traduit par des déformations, plis ou failles, selon les caractéristiques mécaniques des roches qui la composent.

Cela se traduit aussi par des secousses sismiques (tremblements de terre) correspondant à une libération brutale de l'énergie en un point donné, le foyer, situé à des profondeurs variables selon les cas.

L'intensité de cette sismicité naturelle, variable dans le temps et l'espace, est mesurée par des sismographes (cf. échelle de Richter) et la localisation des épacentres, projection du foyer du séisme à la surface de la terre, est, pour la France, reproduite sur la carte présentée dans la fig. 24.

La carte de la répartition des séismes en France révèle que celle-ci est diffuse sur tout le territoire avec des secteurs à forte sismicité comme le nord des Pyrénées, les Alpes, le fossé alsacien, le sud de la Bretagne, l'ouest du Massif Central et les Limagnes. Le Bassin de Paris, par contre, est particulièrement calme... Ce calme doit cependant être considéré comme relatif comme en témoigne l'exemple d'une néotectonique cassante constatée ici dans les carrières de la colline Rodin !

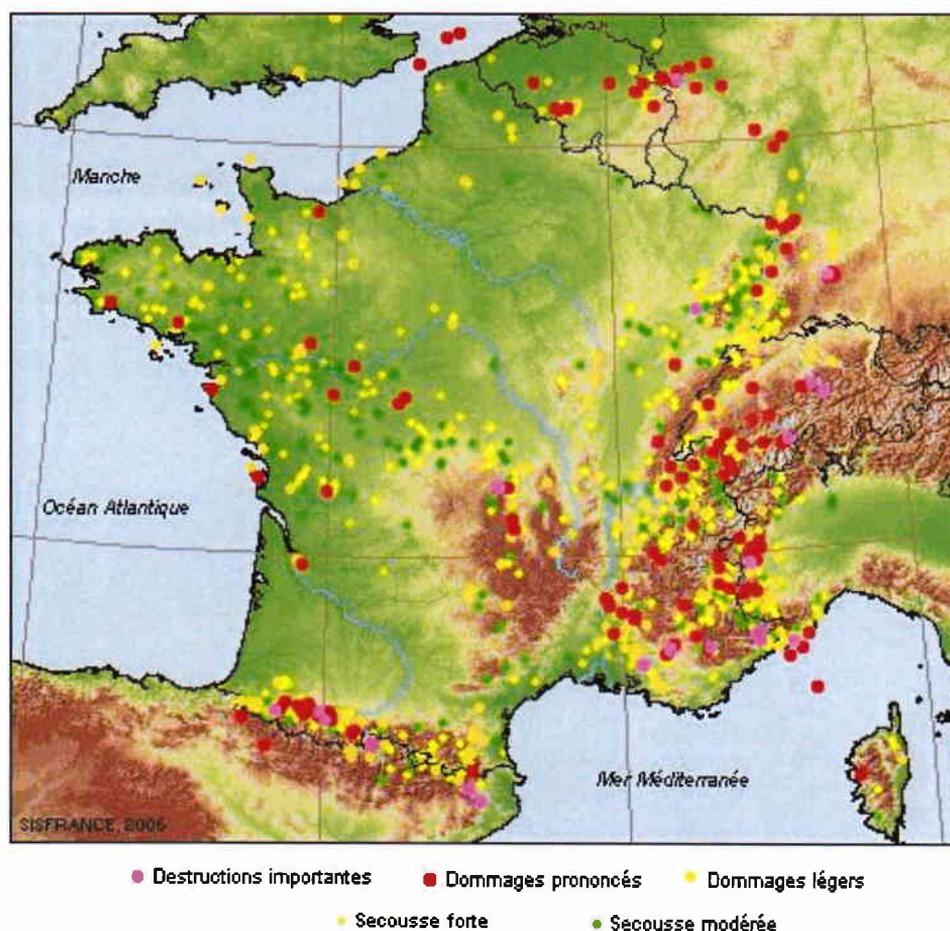


Fig. 24 - Carte de répartition des épacentres des séismes enregistrés en France (SisFrance-BRGM). L'Île de France apparaît comme une région à faible sismicité mais elle est naturellement soumise à des contraintes tectoniques comme en témoigne l'exemple présenté dans le texte.

Station G9 : le passage Crétacé -Tertiaire (K-T)

Ce passage est très bien exposé dans la galerie d'accès aux carrières, au 11 rue du Dr Arnaudet. On peut observer ici (fig. 25) :

- l'aspect brun clair de la craie, qui tranche nettement avec sa couleur blanche habituelle,
- le tracé irrégulier de la limite entre la craie brune et le sable calcaire de la base du Paléocène (formation de Meudon),
- des tubulures courbes à la partie supérieure de la craie indurée.



Fig. 25 - La limite Crétacé- Tertiaire est ici caractérisée par :

- . la superposition au-dessus de la craie durcie de teinte brunâtre du sommet de la craie, de calcaire de teinte plus claire de la base du Paléocène (cf. calcaire de Meudon) ;**
- . la présence, au sein de la craie durcie, de tubes de forme courbe, interprétés soit comme la trace d'anciennes racines, soit liés à l'activité d'animaux fouisseurs. (Extrait de G. BIGNOT, 1990).**

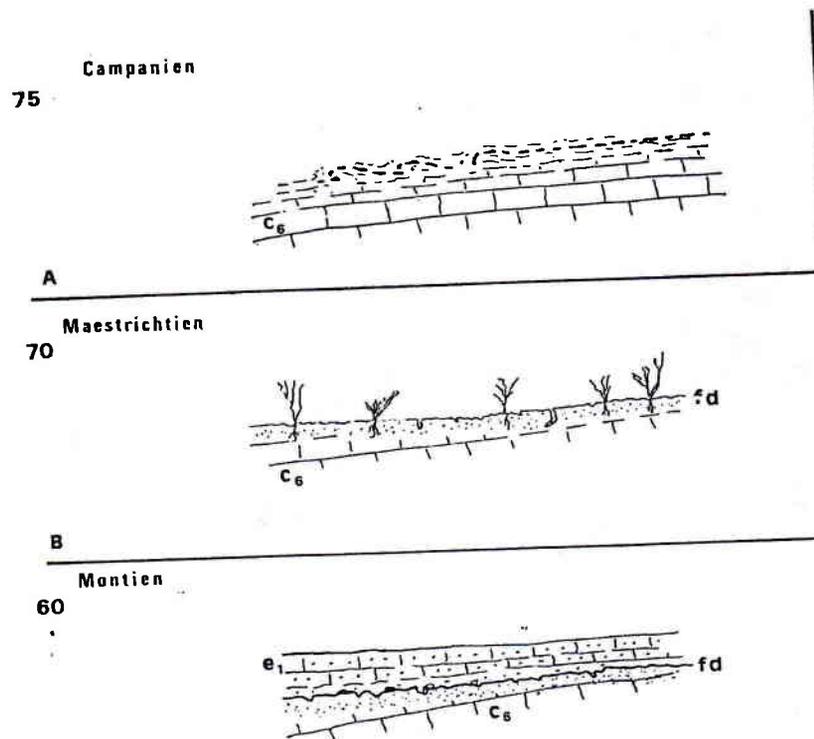


Fig. 26 - En résumé, l'histoire géologique entre -75Ma (Campanien) et -60 Ma (Paléocène) ; C6, craie campanienne ; e1, Montien ; fd, fond durci. (Extrait de D. OBERT, 1989).

Bien que les géologues ne soient pas tous d'accord, la succession des événements (fig. 26) serait la suivante :

- 1 - émerision à la fin du Campanien, vers -70 Ma, suivie d'une altération de la craie en surface, dans des conditions climatiques agressives, avec climat chaud et humide de type subtropicale ;
- 2 - développement d'une surface d'érosion irrégulière, et creusement de tubulures (cf. racines de végétaux ou terriers d'animaux marins lithophages...) ;
- 3 - puis nouvelle transgression marine et dépôt des calcaires de Meudon (Montien).

En savoir plus : le passage Crétacé -Tertiaire (K-T)

Le passage Crétacé -Tertiaire est l'un des événements majeurs de l'histoire de la planète Terre. Il est caractérisé en effet par la disparition de plusieurs espèces animales et végétales (cf. les dinosaures, les ammonites, les bélemnites, etc...), un volcanisme important (cf. les trapps du Dékan en Inde), un retrait des mers, des émerisions, l'amorce de collisions continentales (Inde-Tibet) et la poursuite d'ouvertures océaniques (océans Atlantique, Indien et Pacifique).

En Europe, et plus précisément dans le Bassin de Paris, il est marqué par une importante régression marine suivie par un timide retour de la mer (fig. 27).

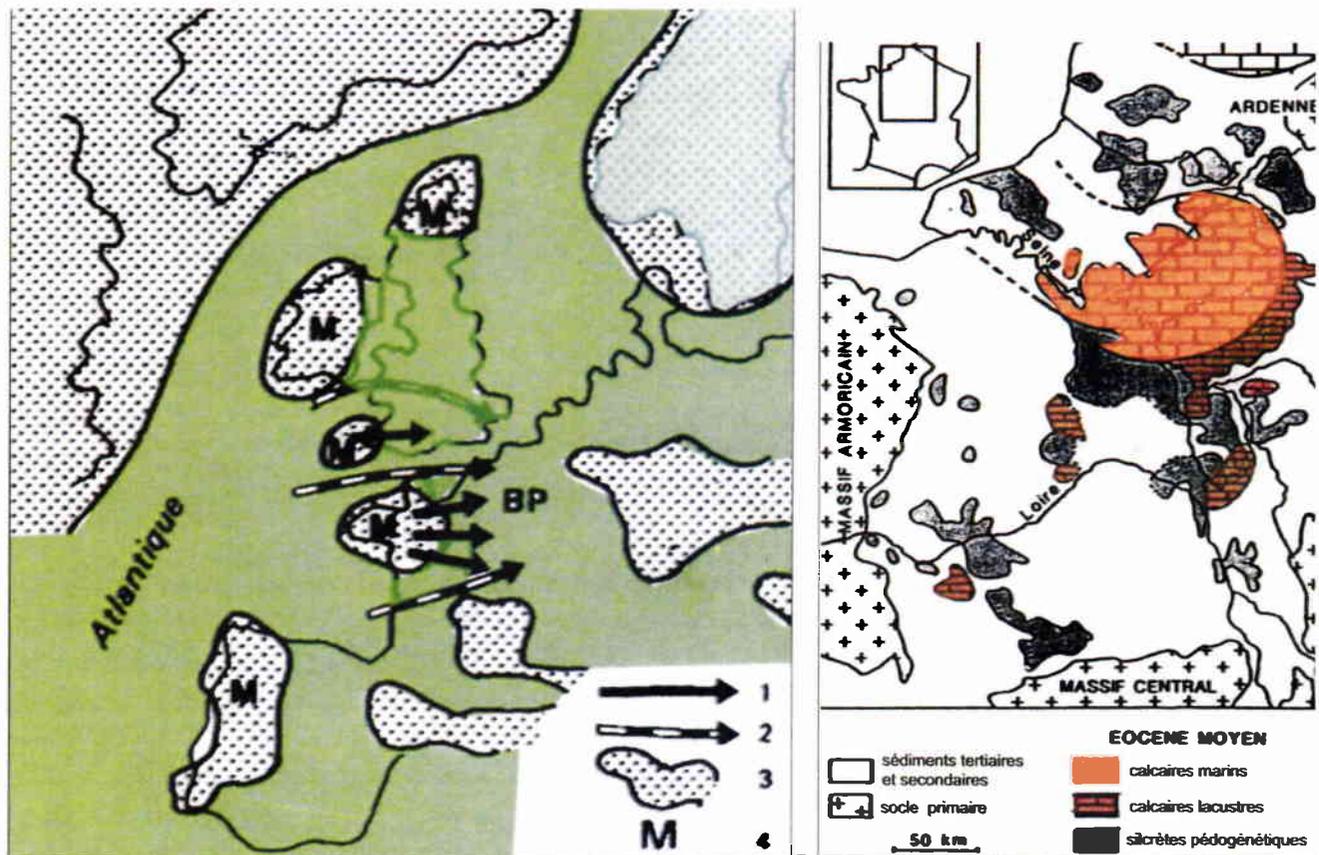


Fig. 27 – A gauche, extension de la mer au Crétacé supérieur, seules quelques îles restant émergées, dont une partie du Massif Central (extrait du Bull. Inf. Géol. Bass. Paris, 1990) ; à droite, les calcaires marins du Lutétien (-48 à -40 Ma) sont localisés au centre et au NO du Bassin de Paris (extrait de Thiry et al, Bull. Inf. Géol. Bass. Paris, 1990, p. 7-38).

Conclusions

Cette proposition de circuit permettra aux visiteurs de découvrir par étapes successives divers aspects de la géologie du site de la colline Rodin inscrite dans le cadre du Bassin de Paris.

Cette approche sera accessible à tout public ; les visiteurs qui souhaiteraient en savoir plus pourront consulter les articles de référence qui témoignent de la richesse et de la qualité de ce site assez exceptionnel en Île-de-France.

Références

- BIGNOT G., (1990), Bull. Inf. Geol. Bass. Paris, vol. 27, n°4, p. 33-36.
COLCHEN M., (2003), Bull. Com. Sauv. Sites de Meudon, n°110 et 111, p. 4-18.
FREYTET P. et al, (1982),
GALOYER A., (1990), Bull. Inf. Geol. Bass. Paris, vol. 27, n°4, p. 5-6.
GAUDANT J., (1990), Bull. Inf. Geol. Bass. Paris, vol. 27, n°4, p. 17-20.
GELY J.P., (1990), Bull. Inf. Geol. Bass. Paris, vol. 27, n°4, p. 44-45.
GELY J.P. et al., (1990), Bull. Inf. Geol. Bass. Paris, vol. 27, n°4, p. 37-43.
GOSSE E., (1990), Bull. Inf. Geol. Bass. Paris, vol. 27, n°4, p. 7-16.
LORENZ Cl., (1990), Bull. Inf. Geol. Bass. Paris, vol. 27, n°4, p. 3-4.
LORENZ Cl., (1992), Bull. Inf. Geol. Bass. Paris, vol. 29, n°4, p. 5-17.
MAURY V., (2003), Bull. Com. Sauv. Sites de Meudon, n°112, p. 4-16.
OBERT D., (1989), Bull. Com. Sauv. Sites de Meudon, n° 70, p. 3-8.
OBERT D., (2003), Bull. Com. Sauv. Sites de Meudon, n°110 et 111, p. 19-23.
RUSSELL D. E. et GALOYER A., (1989), Bull. Soc. Amis de Meudon, n°181.
RUSSELL D. E. et al., (1990), Bull. Inf. Geol. Bass. Paris, vol. 27, n°4, p. 21-31.
SOYE De M., (2004), Bull. Com. Sauv. Sites de Meudon, n°113-114, p. 5-15.

Comité de Sauvegarde des Sites de Meudon

*Association agréée par la préfecture des Hauts-de-Seine au titre du Code de l'Urbanisme
et de la loi sur la Protection de la Nature*

Siège Social : 6 avenue Le Corbeiller, 92190 Meudon, tél. : 01 45 34 30 09

Site internet : www.sauvegardesitemeudon.com

Directeur de la Publication : Michel COLCHEN. Rédacteur en chef : Yves TERRIEN.

Impression : FORMS, 3 rue du Ponceau, 92190 Meudon

Dépôt légal : juillet 2011 – N° ISSN 1147-1476