val d'oise
le département
Espace Naturel

Les carrières du bois des Roches à Vigny dans le Val d'Oise

SCÉRÉN
CRDP
ACADÉMIE DE VERSAILLES

Les carrières du bois des Roches à Vigny dans le Val d'Oise

Visites géologiques

Christian Montenat et Pascal Barrier
Institut géologique Albert-de-Lapparent - Géosciences
Institut polytechnique LaSalle - Beauvais
19, rue Pierre-Waguet 60026 Beauvais Cedex

Présentation du milieu naturel, flore et faune

Françoise Roux et Catherine Balleux, PNR Vexin français
Sébastien Girard, conseil général du Val d'Oise

Relectures
Armelle Bonis, DAC, conseil général du Val d'Oise
Sébastien Girard, DENV, conseil général du Val d'Oise

Fig. 1. Les carrières de Vigny en 1935. Le front de taille exploite le calcaire « pisolithique » surmonté de manière continue par de la craie (resédimentée). En haut du profil, sous le bois, les figures de solifluxion quaternaires (festons sombres) sont particulièrement bien développées.

Des voies ferrées Decauville, étroites et facilement déplaçables, permettaient l'évacuation des moellons par wagonnets. Le déversoir (au fond à droite) indique que la craie fluée surmontant le pisolithique était aussi exploitée. La voie ferrée se dirigeant vers la droite laisse supposer que les carrières les plus orientales étaient elles aussi exploitées (photo A.-F. de Lapparent).

Crédits photos

Couverture, calcaire à algues : C. Montenat, Igal-Géosciences. Couverture, autres clichés : conseil général du Val-d'Oise.

Fig. 1, 22, 47 A et B : clichés A.-F. de Lapparent, coll. Géosciences – LaSalle-Beauvais - Igal ; fig. 3, 4, 8, 11, 29, 30 : Igal-Géosciences LaSalle-Beauvais ; fig. 5. extrait de A. Robin, *La Terre*, Larousse ; fig. 7: d'après J.-C. Meyer, Saga, 1987, modifié ; fig. 2A, 9 et 55 : conseil général du Val-d'Oise ; fig. 2B et fig. 38A : clichés N. Bricout ; fig. 51 : extrait de Graciansky P.-C. de et al., « Mesozoic and Cenozoic Sequence Chronostratigraphic Framework of European Basins », *SEPM Special Publication Series*, n° 60, 1998 ; fig. 53 : clichés H. Zibrowius ; autres figures : C. Montenat, Igal-Géosciences.

Fig A : Biotope - Conseil général, 2003 ; fig. G : François Dolambi, conseil général du Val d'Oise ; fig B, C, D, E, F, H, I : clichés conseil général du Val d'Oise.

Suivi éditorial, maquette, corrections : Pierre-Paul Harrington, Isabelle Le Quinio, CDDP du Val d'Oise
Achevé d'imprimer en France en janvier 2010 sur les presses de l'imprimerie Corlet à Condé-sur-Noireau.
© CRDP de l'académie de Versailles, Buc, 2010. ISBN : 978-2-86637-518-8
Dépôt légal : janvier 2010

Sommaire

Avant-Propos 4

Vigny, un site géologique exceptionnel 6

Généralités 6
La stratigraphie 7
La sédimentation 8
La tectonique 8
La biodiversité 8

Visite commentée des affleurements 10

1. Panorama général depuis l'observatoire (site G 11) 10
2. La craie du Campanien (site G3) 11
3. Éboulement sous-marin (site G2 a-b) 11
4. Un escarpement de faille sous-marin (site G4) 12
5. Les reliefs du fond de la mer (site G5) 13
6. Les blocs glissés de calcaire corallien (site G6) 14
7. Le promontoire : anatomie d'un glissement sous-marin (site G7) 15
8. La craie, là où elle ne devrait pas être (site G8) 16
9. Voyage dans une coulée boueuse de craie fluée (sites G9 et G1) 17
10. Le platier récifal du bois des Roches (sites G13 à G15) 18
11. En regardant pousser les coraux (site G12) 19
12. Lire le paysage (vu depuis le belvédère ; site G16) 19

Quelques thèmes d'études 20

1. Des sédiments et des roches 20
2. Déformation des roches : la tectonique 29
3. À propos des climats anciens 30
4. Les temps géologiques et leur enregistrement par les dépôts 31
5. Terrains et paysages 33
6. L'exploitation des carrières de Vigny 35

Milieux naturels, faune et flore actuels de la carrière de Vigny 37

Les habitats naturels 38
La flore 39
La faune 40
Une gestion conservatoire 41

Bibliographie 42

Glossaire 44

Avant-propos

Les carrières de Vigny ont été exploitées, plus ou moins activement, au long des XIXe et XXe siècles, pour la production de pierres à bâtir en moellons de différentes qualités (fig. 1). La plus recherchée était un calcaire à très gros grains émoussés, dit « pisolithique »[1], fait pour l'essentiel de débris d'algues roulés. Bien des immeubles, à Paris et en Île-de-France, une chapelle au-dessus d'Étretat, etc., sont bâtis dans ce matériau original.

Durant leur longue période d'exploitation, les carrières ont souvent été visitées par les géologues, attirés par l'intérêt exceptionnel des terrains mis au jour, l'âge et l'agencement géométrique des dépôts suscitant de nombreux débats contradictoires (voir plus loin).

Après la fermeture définitive, intervenue en 2001, les 21 hectares du site des carrières et du bois des Roches ont été acquis par le Conseil général du Val d'Oise à la fin de 2003. Dans le cadre de sa politique en faveur des espaces naturels sensibles [3, 4, 18], ce dernier a lancé un important programme d'aménagement qui a permis de préserver un site d'intérêt scientifique majeur, réputé au niveau international et appartenant à l'histoire de la géologie. Dans le même temps, ces aménagements fournissent un outil pédagogique exceptionnel pour aborder différents aspects de l'enseignement des sciences de la Terre et, plus généralement, l'observation d'un milieu naturel varié. Le Conseil général du Val d'Oise gère le site avec le concours du PNR du Vexin français ; l'Institut géologique Albert-de-Lapparent (Igal)[2] assure le conseil scientifique du projet.

Cet ouvrage a un double objectif :

- compléter l'information des visiteurs intéressés par la géologie assez complexe des carrières, et répondre à la demande d'enseignants qui souhaitent disposer des éléments utiles pour organiser, avec leurs classes, des visites à caractère général ou centrées sur une thématique particulière, selon différents niveaux de complexité[3] ;
- donner une vue d'ensemble sur les milieux naturels, la faune et la flore du site.

Nous vous en souhaitons bonne lecture.

Didier Arnal
Président du Conseil général du Val d'Oise

Jean-Pierre Muller
Vice-président
en charge du Développement durable,
des Infrastructures, de l'Aménagement
et du Patrimoine

1. Le terme « pisolithique » est en fait erroné : les pisolithes s.s. (*siliciclastic sand*) ne sont jamais des algues rouges marines, mais des concrétions de la taille d'un petit pois, dues à l'activité de cyanobactéries, surtout en milieu fluvio-lacustre.

2. L'Igal est aujourd'hui associé à l'Isab (Institut supérieur d'agriculture de Beauvais) au sein de l'Institut polytechnique LaSalle Beauvais.

3. Pour replacer le site de Vigny dans le contexte géologique du Vexin, les visiteurs peuvent se reporter au numéro spécial du *Courrier scientifique du PNR du Vexin français*, 2007 (voir bibliographie). La visite des salles de géologie de la Maison du Parc à Théméricourt et du Musée archéologique départemental de Guiry-en-Vexin est aussi vivement conseillée.

Fig. 2A. Un site d'un grand intérêt scientifique et pédagogique.

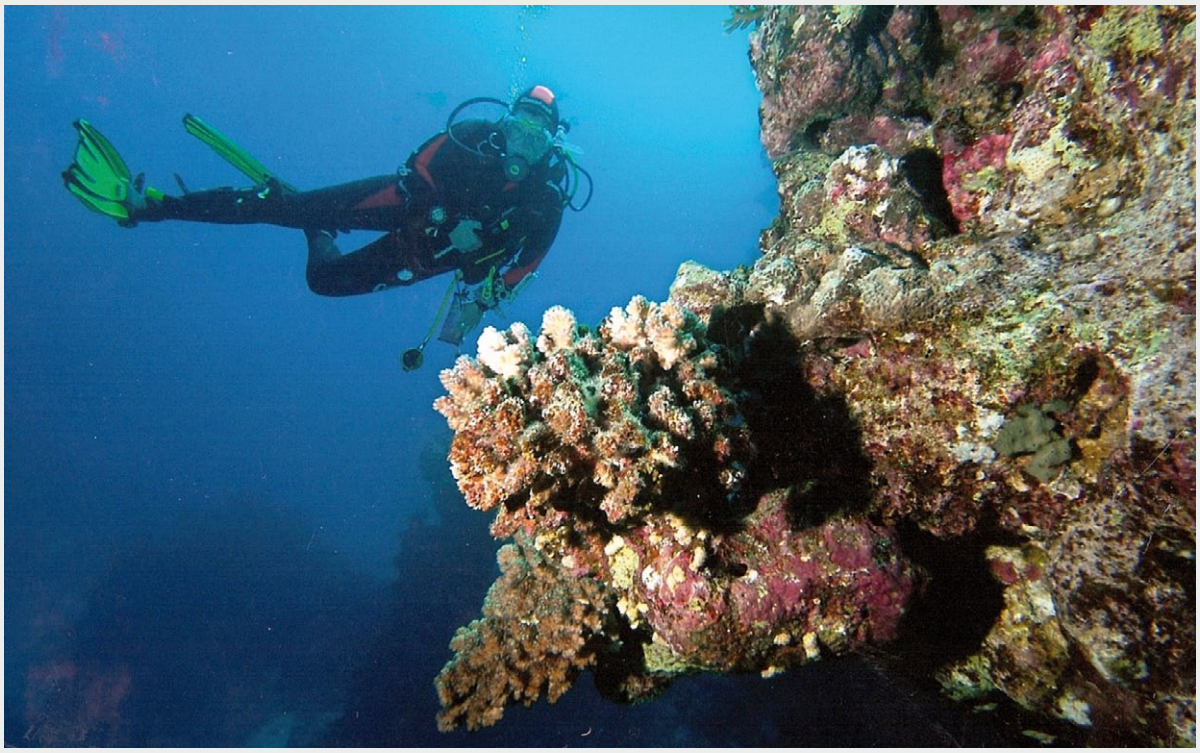


Fig. 2B. Le visiteur goûtera d'autant mieux l'intérêt de ces lieux exceptionnels dès lors qu'il ne verra plus devant lui de simples « pierres » mais des sédiments déposés dans une mer dont il pourra imaginer la tiédeur, la profondeur, la force des courants qui l'agitaient, l'escarpement des pentes sous-marines ou la luxuriance de la faune. Bonne plongée !

Vigny, un site géologique exceptionnel

Généralités

L'anticlinal de Vigny, allongé du NW au SE comme celui du Pays de Bray, est la seule structure notable venant troubler l'organisation géologique simple du Vexin (fig. 3).

Cet anticlinal crevé par l'érosion fait apparaître en son cœur la craie du Crétacé et d'autres terrains affleurant très ponctuellement (fig. 3 et 53) qui font l'objet de cette présentation. La série stratigraphique du Vexin (fig. 4) a été décrite ailleurs [7, 17]. On note seulement ici que les calcaires lutétiens forment l'ossature du plateau vexinois, tandis que les sables stampiens, couronnés de meulières, constituent l'essentiel des buttes parsemées sur le plateau.

Des calcaires daniens, antérieurs aux dépôts éocènes, ont été exploités de longue date dans le Vexin : à ciel ouvert [25] à Vigny, mais aussi en souterrain à Bray-et-Lû (dont les carrières remontent au moins au XIe siècle) ou à Ambleville pour l'édification du château Renaissance [16]. En marge du Vexin, à Laversines près de Beauvais, des calcaires daniens semblables à ceux de Vigny [8], furent exploités au

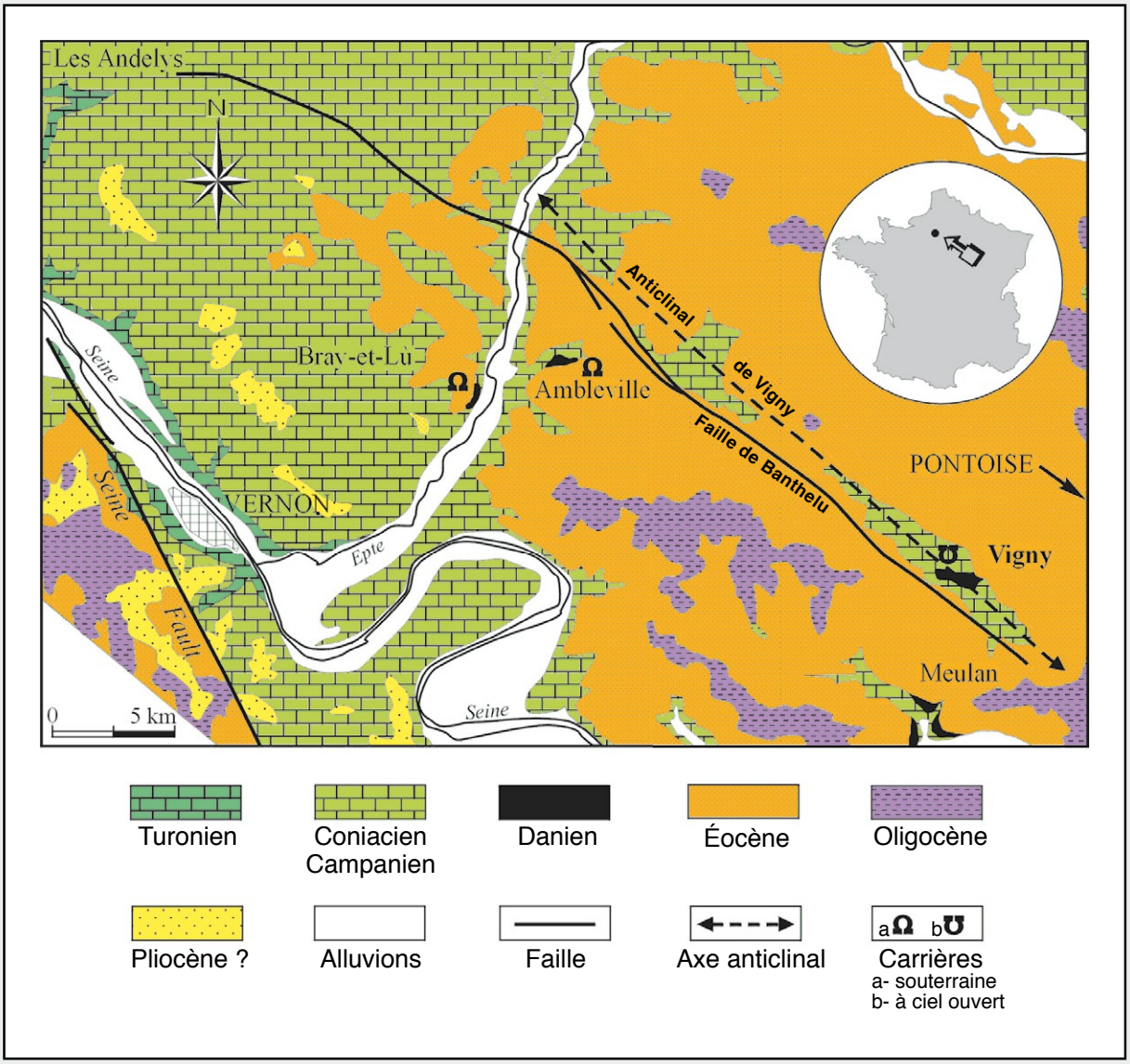


Fig. 3. Carte géologique simplifiée de la région de Vigny. Noter la craie apparaissant au cœur de l'anticlinal crevé (secteurs de Vigny, Magny-en-Vexin et St-Clair-sur-Epte), ainsi que le caractère, ponctuel, disséminé, des affleurements daniens (d'après [17]).

XIIIe siècle pour la construction de l'église locale.

Les carrières du bois des Roches, entre Vigny et Longuesse, étaient déjà ouvertes au début du XIXe siècle ; on ne sait rien de leur éventuelle existence antérieure. Très rapidement, elles attirèrent l'attention des géologues. Les calcaires qu'on y observait, couramment appelés « pisolithiques », et les fossiles qu'ils contenaient apparaissaient sensiblement différents de ceux rencontrés habituellement en Île-de-France. Dès 1837, Charles d'Orbigny engagea la discussion sur l'âge de la faune de mollusques récoltée à Vigny. Son frère, le grand paléontologue Alcide d'Orbigny, en donna une liste de 66 espèces qui lui paraissaient appartenir encore au Crétacé (équivalent de la craie de Maastricht). En 1848, le géologue et paléontologue Édouard Desor (1811-1882) montra les similitudes existant entre les calcaires de Vigny, ceux de Laversines et les couches de Fakse au Danemark (voir plus loin et fig. 54). Il désigna ces trois gisements comme référence pour la création d'un nouvel étage géologique, le Danien. Après quoi s'ouvrit un débat qui dura un siècle quant à la position de ces calcaires daniens, et de ceux de Vigny en particulier, dans l'échelle des temps géologiques. Sont-ils à placer à la partie supérieure du Crétacé ou au début des temps tertiaires ? [voir revue *in* 6, 13, 15, 22, 26]. En fait, les calcaires de Vigny ont suscité l'intérêt des géologues [10, 24] pour différentes raisons exposées ci-dessous.

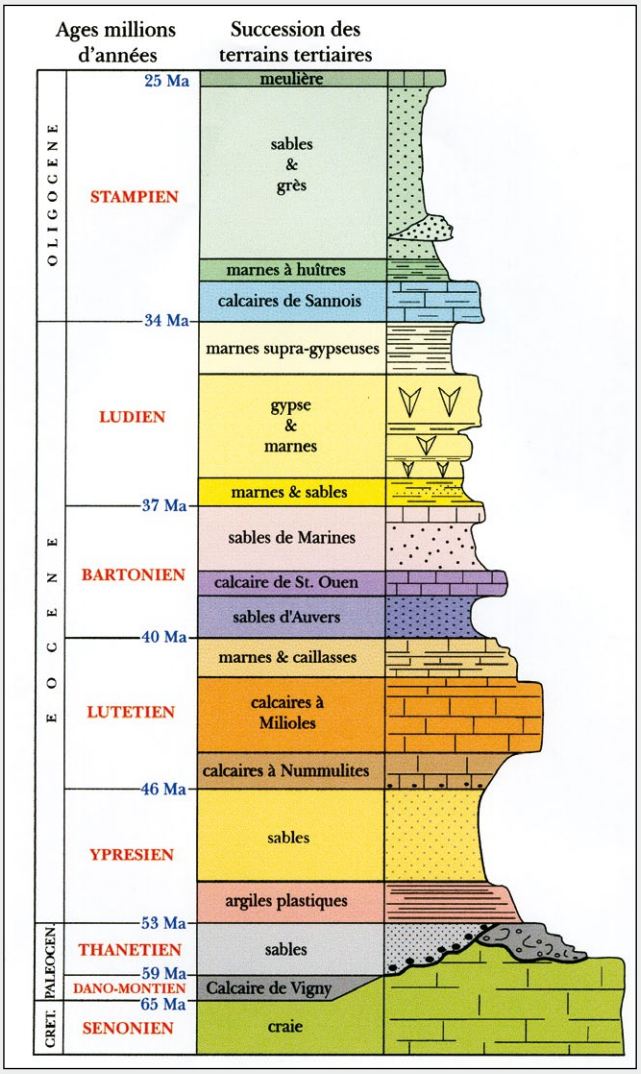


Fig. 4. Succession stratigraphique des terrains affleurant dans le Vexin, avec indication des âges en millions d'années (m.a.).

Fig. 5. L'exploitation de Vigny au début du XXe siècle [d'après 24]. La photo montre le chantier d'extraction et de taille des moellons du calcaire pisolithique (à grandes strates obliques), alors que celui-ci affleure encore jusqu'en haut du bois des Roches. Son épaisseur totale a été estimée à 25 m [14].

La stratigraphie

Après avoir été « étiquetés » daniens, les calcaires de Vigny ont été attribués au Maastrichtien (dernier étage géologique du Crétacé, dont le type est pris à Maastricht, en Hollande), au Montien (considéré comme le premier étage du Tertiaire, défini à partir des carottes d'un forage réalisé à Mons en Belgique) ou encore à un faciès particulier de la craie du Campanien (type pris en Champagne de Saintonge sur la bordure nord de l'Aquitaine). Finalement, grâce au progrès des connaissances sur les microfossiles (foraminifères, ostracodes), qui autorisent des datations stratigraphiques précises, l'âge tertiaire de ces couches a été définitivement établi [1, 5, 9, 12]. On sait aujourd'hui que les calcaires de Vigny appartiennent au Danien moyen-supérieur (en référence au stratotype danois), ce qui correspond à peu près au Montien de Mons (vers – 65/– 60 millions d'années (m.a.) (fig. 4, 51 et 52) (voir p. 32, Stratigraphie). Aussi, par commodité, la dénomination « dano-montien » est souvent employée.

Les couches les plus anciennes du Tertiaire (Danien inférieur) ne sont pas représentées ici (voir fig. 52), et pas davantage dans les autres affleurements dano-montiens du bassin de Paris [1, 9].

Fig. 6. État des carrières vers 1990. Au fond, la craie re-sédimentée, qui repose sur le calcaire à algues, est surmontée par des figures de solifluxion quaternaire (cf. G8). La mare est alimentée par la mise au jour de la nappe aquifère de l'Aubette, située au fond de la carrière, au contact entre la craie et le « calcaire à algues » (conglomérat de base à galets de silex roulés).

La sédimentation

Les calcaires de Vigny correspondent à différents types de dépôts :

- des calcaires construits à madrépores (coraux de récifs des mers tropicales ; voir fig. 11, 18, 19, 27 à 29 et 36) [6,13,19] affleurent largement dans le bois des Roches, ou en blocs ponctuels dans les carrières ;
- des calcaires surtout faits de débris roulés d'algues calcaires, dits « pisolithiques » – les plus exploités et commercialisés [25] (fig. 1, 5, 22, 33 et 34) ;
- des dépôts issus de resédimentations par glissements sous-marins (coulées boueuses de craie liquéfiée ; gros blocs glissés ou olistolithes de calcaires récifaux, reconnus récemment) [19,20] (voir thématique Sédimentation) (fig. 23 à 25). Les silex de la craie participent à ces resédimentations.

La tectonique

La mise en évidence assez récente d'une activité tectonique contemporaine de la sédimentation des calcaires daniens [19, 20] a permis d'élucider différents problèmes relatifs à la géométrie des dépôts daniens et à leurs relations complexes avec la craie campanienne environnante. De cette activité tectonique, liée à la mobilité de la grande faille de Banthelu, toute proche (fig. 3), résultent deux phénomènes majeurs :

- la création de grands escarpements de failles, ayant formé des falaises sous-marines (fig. 11, 13, 14) ;
- la déstabilisation, induite par les jeux de ces failles, du récif corallien et des escarpements de craie, qui a donné lieu à de nombreux glissements sous-marins (fig. 21, 26 et 29) (voir p. 29, Tectonique).

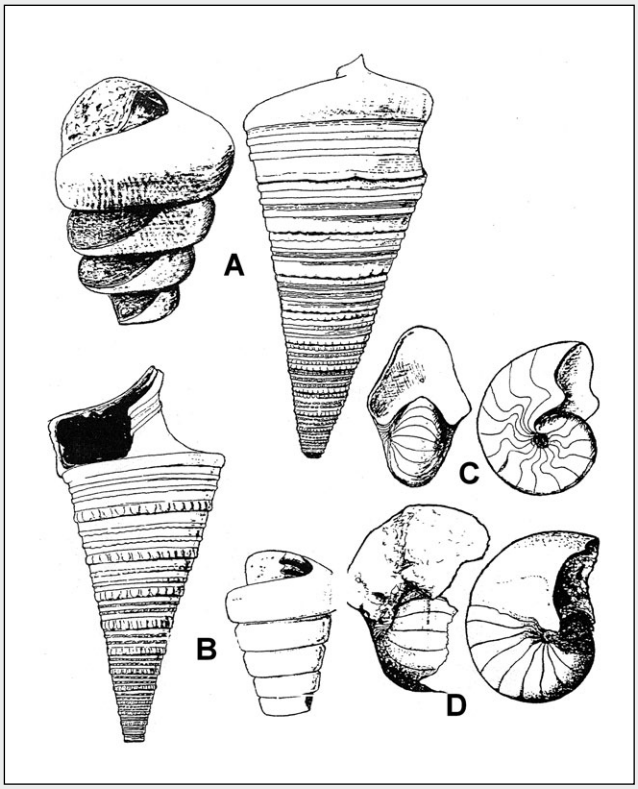


Fig. 7. Quelques exemples de mollusques dano-montiens de Vigny. Dans tous les cas, la coquille ayant été dissoute, la représentation du fossile est obtenue au terme d'un long travail de reconstitution, utilisant à la fois les moulages externe et interne contenus dans la roche [d'après 14]. Deux espèces de grands Cérithes ou Campaniles de Vigny (jusqu'à 20 cm de long ; moule interne et aspect extérieur d'après le moule externe) : A. *C. uniplicatum* ; B. *C. maximum*. Deux Nautiles de Vigny (moules internes) : C. *H. danica* (également présent au Danemark) ; D. *E. hebertinum*.

La biodiversité

Jusqu'à présent, les calcaires de Vigny ont livré 350 espèces fossiles : algues, foraminifères, coraux, mollusques, bryozoaires, échinodermes, etc., ce qui est considérable et sans doute encore très incomplet (fig. 7). Les algues calcaires y tiennent une place

importante [11]. On sait que la biodiversité a subi une crise sévère au passage du Crétacé au Tertiaire (limite dite K/T), beaucoup d'espèces disparaissant à ce moment dont les ammonites, les rudistes et de nombreux autres mollusques, les reptiles marins et beaucoup d'espèces terrestres, parmi lesquelles les dinosaures. Vigny offre l'occasion de faire l'inventaire des faunes existant au tout début du Tertiaire – ce qui est rare –, en milieu marin récifal et péri-récifal – ce qui est encore bien plus rare. On peut ainsi évaluer les proportions, variables selon les groupes, des organismes ayant franchi ou non cette limite fatidique. De nombreuses études paléontologiques et paléo-écologiques sont en cours sur ce thème [21 à 23].

Les affleurements dano-montiens dispersés dans le bassin de Paris indiquent l'extension du golfe marin dano-montien après la longue période d'émersion et d'érosion de la fin du Crétacé (fig. 8 et 52).

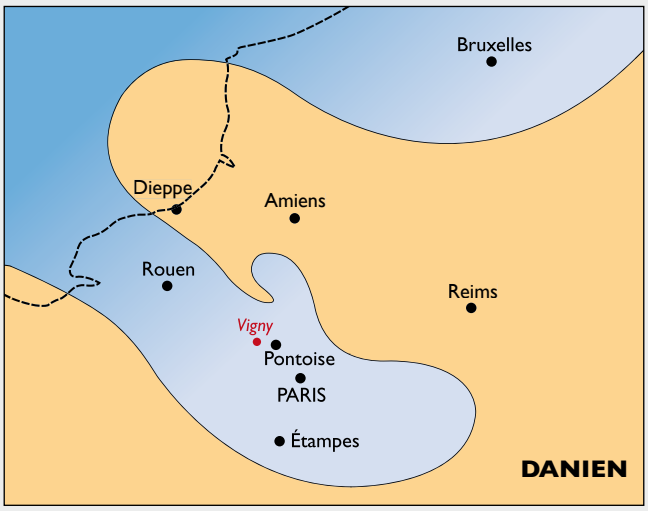


Fig. 8. Reconstitution du golfe de la mer du Dano-Montien sur le bassin de Paris.

Visite commentée des affleurements

1. Panorama général depuis l'observatoire (site G 11)

Depuis la plate-forme de l'observatoire, vue générale sur l'ensemble de la carrière. Les affleurements visités sont portés sur le plan (fig. 9) ; les numérotations G1 à G15 se rapportent aux bornes placées sur le terrain devant les différents affleurements.

La dépression qui s'allonge du Nord-Ouest à gauche au Sud-Est à droite correspond aux roches qui ont été extraites durant l'exploitation, c'est-à-dire surtout au calcaire à algues « pisolithique » (environ 200 à 250 000 m³). Les observations porteront le plus souvent sur des affleurements résiduels de ce calcaire, négligés par les carriers, sur des blocs du calcaire récifal, peu prisés comme pierre à bâtir, ou encore sur les coulées boueuses de craie liquéfiée, dépourvues d'intérêt économique (fig. 10).

La reconstitution en trois dimensions de l'organisation d'ensemble des dépôts à partir de ces vestiges et de leurs relations avec la craie environnante (fig. 11 et 29) est donc un exercice délicat qui nécessite une grande attention ; chaque affleurement apporte sa part d'information à la compréhension de l'ensemble.

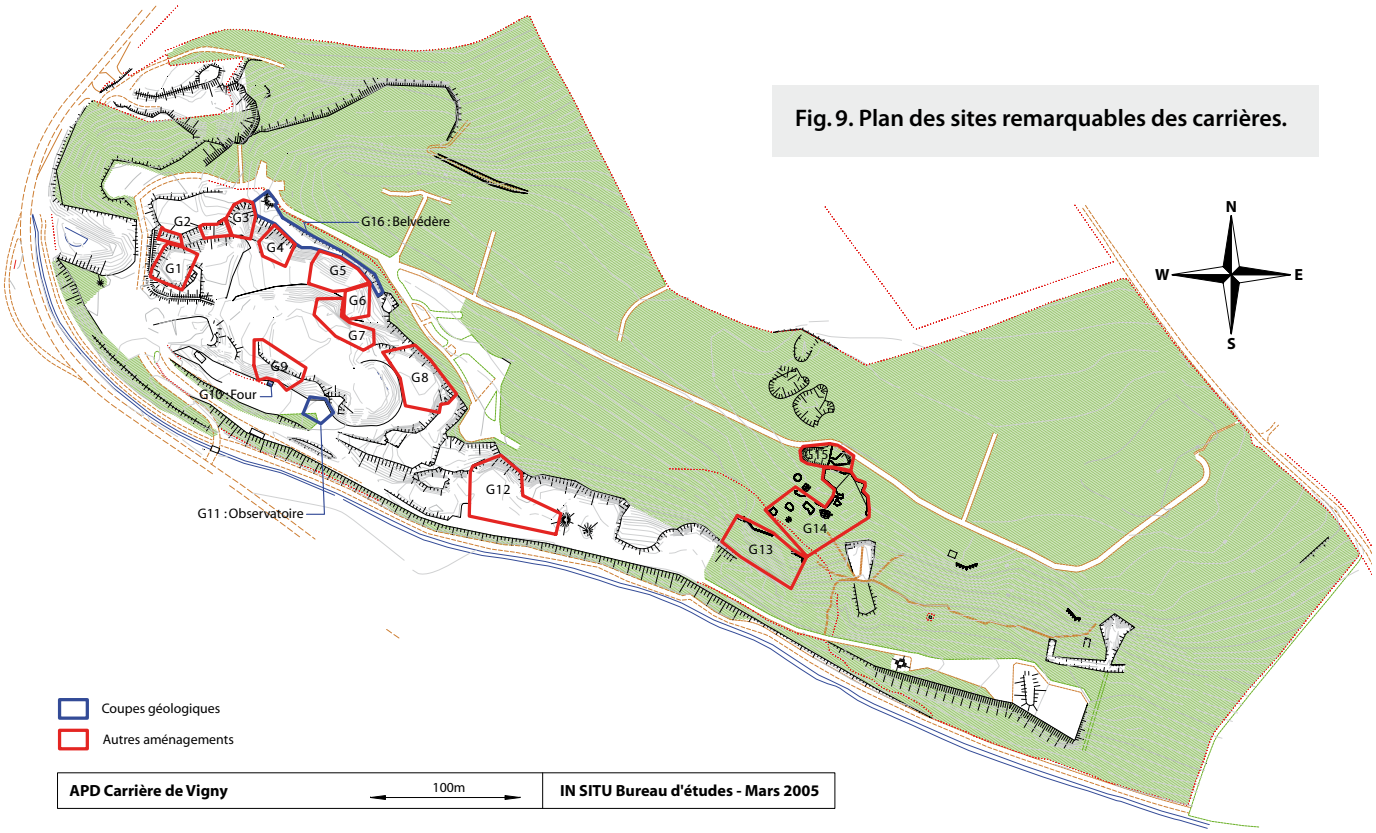


Fig. 9. Plan des sites remarquables des carrières.

Fig.10. Panorama d'ensemble de la grande carrière montrant les sites G3 à G8 et le belvédère (G16)

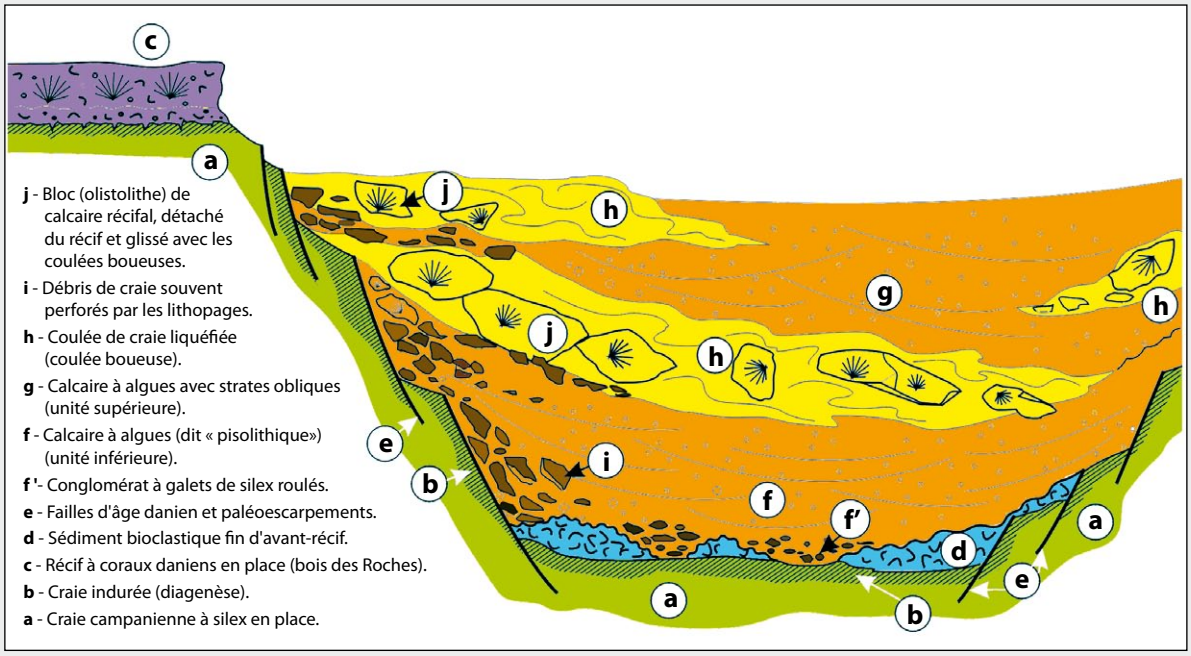


Fig. 11. Coupe très schématique montrant les relations géométriques entre les différents dépôts dano-montiens et avec la fracturation contemporaine de la sédimentation (paléo-failles) [d'après 19].

2. La craie du Campanien (site G3)

La craie qui affleure au cœur de l'anticlinal de Vigny est d'âge campanien (partie sommitale du Crétacé supérieur). Elle est bien exposée, dans une large excavation sur le bord nord de la carrière (fig. 9 et 10) et contient quelques rognons de silex. L'affleurement montre qu'elle est affectée de très nombreuses diaclases, c'est-à-dire de fractures qui n'ont pas entraîné le déplacement des deux bords, à la différence des failles qui ont enregistré un mouvement (voir fig. 46). Ces diaclases et la porosité générale de la craie (fig. 30) font de cette roche un bon « réservoir » pour contenir de l'eau : souvent située à plusieurs mètres de profondeur, et donc protégée contre de nombreuses pollutions, la nappe aquifère de la craie est l'une des plus importantes du bassin de Paris. Elle est largement utilisée dans le Vexin où l'aquifère plus superficiel, situé à la base des calcaires lutétiens et des sables cuisiens (fig. 4), est généralement devenu impropre à la consommation. La fine porosité de la craie en fait aussi une roche gélive, se désagrégeant sous l'effet du gel lorsqu'elle a été imbibée d'eau.

3. Éboulement sous-marin (site G2 a-b)

Ce site, jouxtant la carrière de craie au Nord-Ouest, est accessible seulement à de petits groupes d'étudiants attentifs aux règles de sécurité (fig. 9 et 12).

Le calcaire à algues, à stratification horizontale, reposant directement sur la craie, est visible sur un peu plus d'un mètre de puissance. Vers le haut, le litage s'efface, les débris bioclastiques sont plus petits, teintés de rouille. Des blocs de craie envahissent l'affleurement, lui donnant l'aspect d'un banal éboulis. Cependant, un examen attentif montre la persistance dans cette brèche d'amas bioclastiques jaunâtres et la présence de nombreux blocs de craie dont la surface a été perforée par des organismes lithophages marins (algues, éponges, etc.) (fig. 12 et 42B). L'« éboulis » s'est donc mis en place en milieu sous-marin, à la suite de l'éboulement d'un relief, une paléo-falaise, dont on verra des exemples plus loin.

Depuis la carrière de craie (G3), on constate l'absence du calcaire à algues horizontal, ce qui laisse supposer entre lui et la craie une discontinuité sub-verticale, falaise ou faille, que l'affleurement suivant va permettre de préciser (fig. 12 à 14).

Fig. 12. Le calcaire jaune à algues, à strates sub-horizontales, repose sur la craie immédiatement sous-jacente. La brèche à éléments de craie qui lui succède résulte en fait de l'éboulement d'une falaise proche en milieu sous-marin qui vient perturber, et même ici interrompre, le dépôt du sédiment à algues.

4. Un escarpement de faille sous-marin (site G4)

Il s'agit là d'un affleurement clef pour la compréhension de la géométrie des dépôts daniens de Vigny. Le site, très escarpé, requiert un strict respect des consignes de sécurité (fig. 9 et 10).

Un grand escarpement brun (5 à 6 m de haut) est entaillé dans la craie. Sa teinte rouille est due à un encroûtement d'oxyde de fer qui enduit la craie et les surfaces à stries verticales qui l'affectent (fig. 13A). Ces stries indiquent un plan de faille à jeu dit « normal » : le compartiment effondré est du côté de l'observateur (voir fig. 14 et 42A).

Le grand plan de faille a formé une falaise exposée en milieu sous-marin, un « paléo-escarpement » (fig. 11 à 14). Ceci est attesté par :

- les nombreuses micro-perforations dues aux organismes lithophages (cf. plus haut), affectant les plans striés ;
- la présence de quelques organismes encroûtants (serpulidés) fixés sur l'escarpement ;
- l'enduit ferrugineux lui-même, analogue aux encroûtements d'oxydes de fer et de manganèse fréquemment observés aujourd'hui en Méditerranée ou dans la Manche sur des surfaces

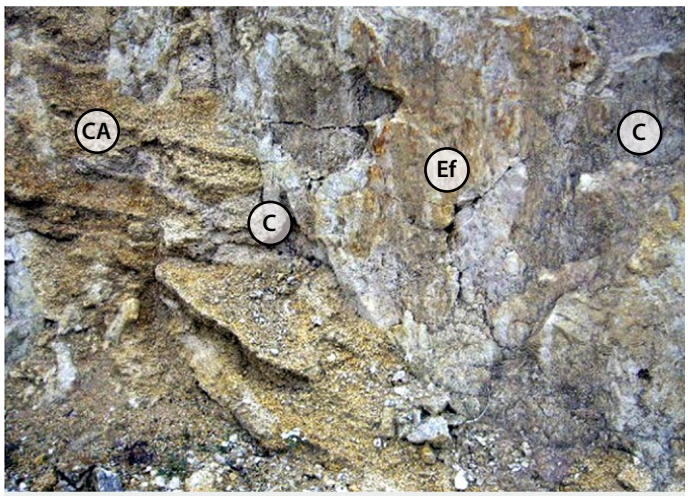


Fig. 13A. Paléo-escarpement de faille entaillé dans la craie, exposé sur le fond de la mer danienne. Le plan de faille strié, recouvert d'un enduit ferrugineux (Ef), est conservé par places. L'escarpement a été progressivement enfoui dans le sédiment calcaire à algues avec strates obliques (CA) (voir aussi fig. 14).

Fig. 13B. Détails du contact entre le paléo-escarpement et le sédiment calcaire à algues jaunâtre incluant des blocs de craie éboulée. La fracturation de la craie est bien visible à droite, avec plusieurs plans successifs, alors que le calcaire à algues n'en montre aucun indice : il est venu se plaquer contre l'escarpement de faille déjà réalisé et soumis à des éboulements (photo de 1990, lorsque le plan de faille a été mis au jour).

longuement exposées sous la mer. Le sédiment constitué des débris d'algues roulés est plaqué directement sur l'escarpement (fig. 14). Il en subsiste de petits témoins (fig. 13A) vers le bas et de plus spectaculaires, en haut à gauche (fig. 13B) et à droite, venant encapuchonner le rebord de l'escarpement. Ces différentes situations sont schématisées sur la fig. 14. Le paléo-escarpement se distingue d'un plan de faille du fait qu'il a été plus ou moins dégradé par la bio-corrosion due aux lithophages, l'altération physico-chimique (entraînée par les vagues, les courants, la composition chimique de l'eau de mer), les éboulements, etc. Il en résulte une surface irrégulière sur laquelle les stries de faille ne sont que localement conservées.

NB. Attention aux traces de pelle mécanique qui ont un peu endommagé la surface. Ne pas confondre avec des stries d'origine tectonique !

5. Les reliefs du fond de la mer (site G5)

En se déplaçant vers l'Est jusqu'à l'escalier, on longe des affleurements assez difficiles à déchiffrer. Craie et calcaire à algues semblent jouer sans arrêt à cache-cache. C'est un bon endroit pour faire un effort de vision et d'interprétation en 3D. Le fil conducteur est le suivant.

La craie est affectée par une succession de failles déterminant un dispositif « en marches d'escalier » (fig. 14). Chacune des marches est étroite (de l'ordre de un à quelques mètres), avec un rejet vertical dû au jeu de la faille de plusieurs mètres. Le calcaire à algues s'est déposé en moulant ces morphologies : certains témoins sont plaqués contre des reliefs verticaux correspondant à des escarpements de failles ; d'autres reposent sur des surfaces planes ou plus ou moins érodées qui sont les « paliers » ou les marches successives. On peut s'assurer que ce dispositif s'est réalisé dans la mer danienne, en observant les différents contacts craie/calcaire. Dans tous les cas, la surface de la craie, verticale ou horizontale, a été perforée par les lithophages et ferruginisée avant le dépôt du sédiment à débris d'algues – lequel renferme des fragments de craie également perforés (fig. 12, 13A et B, et 15). Ainsi, on peut aisément s'imaginer en plongée, sous quelques dizaines de mètres d'eau, furetant dans les fonds rocheux de la mer danienne.

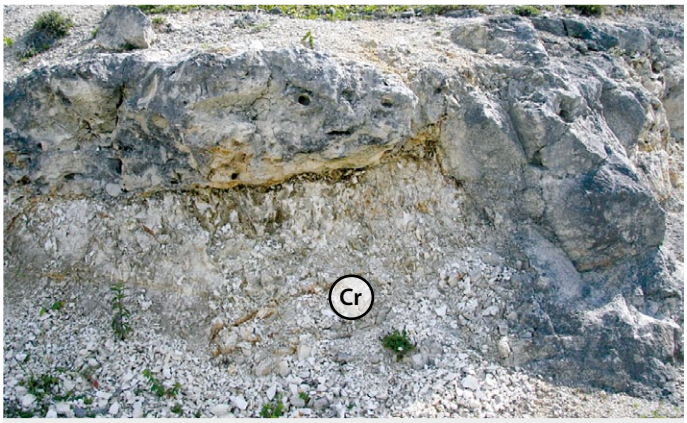


Fig. 15. Contact craie/calcaire à algues sur un des paliers, moulant des reliefs sous-marins de la craie (Cr), tantôt horizontaux, tantôt verticaux.

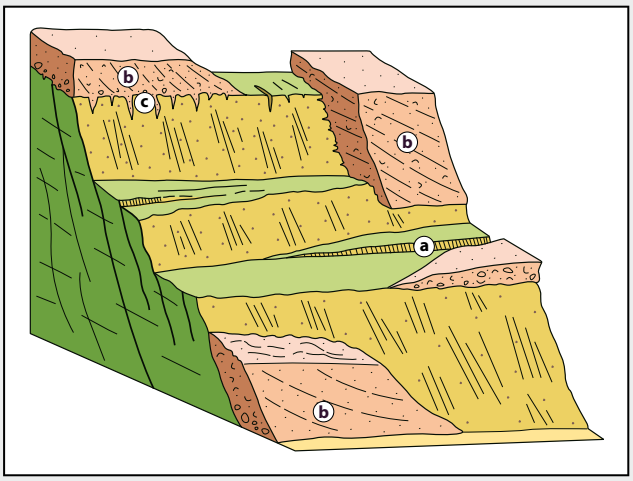


Fig. 14. Représentation schématique du motif de failles en lanières plus ou moins continues, ou en ciseaux (**a**), formant un dispositif « en marches d'escalier ». Le sédiment danien (**b**) remplit fréquemment des sortes de crevasses dans la craie (**c**) (compartiment supérieur) qui sont, selon les cas, des fentes d'origine tectonique (diaclases, fentes de tension) (**d**) ou des cavités de dissolution karstiques (voir aussi fig. 47)

Fig. 16. Stratifications obliques du dépôt calcaire à algues, formant un dispositif pro-gradant, progressant vers la droite. L'inclinaison des strates indique un courant tractif dirigé de la gauche vers la droite, longeant l'escarpement, déplaçant les sédiments sur le fond marin (voir fig. 13A et 14). La couche de sédiment fortement inclinée vient s'appuyer sur un fond marin sub-horizontal.

À noter, jusqu'à présent, l'absence totale de constructions coralliennes.

Vers le haut du relief, le calcaire à algues accroché contre la craie montre très clairement une curieuse disposition en strates fortement inclinées vers la droite (Ouest/Sud-Ouest) (fig. 16). Il s'agit d'une stratification originelle, résultant de l'action d'un fort courant roulant les débris d'algues de la gauche vers la droite et les accumulant en feuillets successifs comme des camions déchargeraient leurs bennes de sable, selon un processus dit de progradation.

6. Les blocs glissés de calcaire corallien (site G6)

Laissant l'escalier pour l'instant, on accède par un portillon à un affleurement rocheux en forme d'amphithéâtre (accès réservé à de petits groupes d'étudiants ; respecter strictement les règles de sécurité) (fig. 9). Se tournant vers l'Ouest, on voit avec davantage de recul les affleurements dont il vient d'être question, et notamment les dépôts à strates régulièrement inclinées.

Fig. 17. Relations entre les blocs glissés (olistolithes) de calcaire récifal (masse sombre à droite) et les calcaires à algues stratifiés. Le bloc récifal glissé apparaît clairement englobé dans le calcaire à algues stratifié qui est à la fois sous et sur l'olistolithe. Au fond, coulée boueuse de craie fluée sommitale (en blanc) (affleurement photographié en 1994).

L'analyse de l'amphithéâtre rocheux montre deux grands ensembles (fig. 9, 10, 17 et 18) :

- à gauche, vers l'Ouest, le calcaire à algues, sous le faciès habituel ;
- à droite, vers l'Est, un calcaire différent, blanchâtre, massif, sans débris d'algues roulés (voir ci-dessous).

Le contact entre les deux est tranché (fig. 18). Le calcaire à algues est plaqué contre les blocs massifs qui faisaient obstacle au transit du sédiment à algues sur le fond marin.

Le faciès massif est essentiellement un calcaire construit composé principalement de coraux et d'algues rouges, ou rhodophycées. Les uns et les autres présentent un aspect surtout lamellaire, formant des sortes d'encroûtements. Les coraux, en aragonite, sont systématiquement dissous, laissant une cavité et/ou une sorte de treillage bien visible à la loupe (fig. 19, 28 et 36B). Les mollusques dispersés dans la masse, également dissous, sont présents à l'état de moulages (fig. 44A). Pour le reste, le sédiment initial comportait, entre les éléments précités, une part notable de boue calcaire beige

Fig. 18. Contact net entre le bloc récifal (blanchâtre) et le calcaire à algues plaqué contre lui (à gauche).

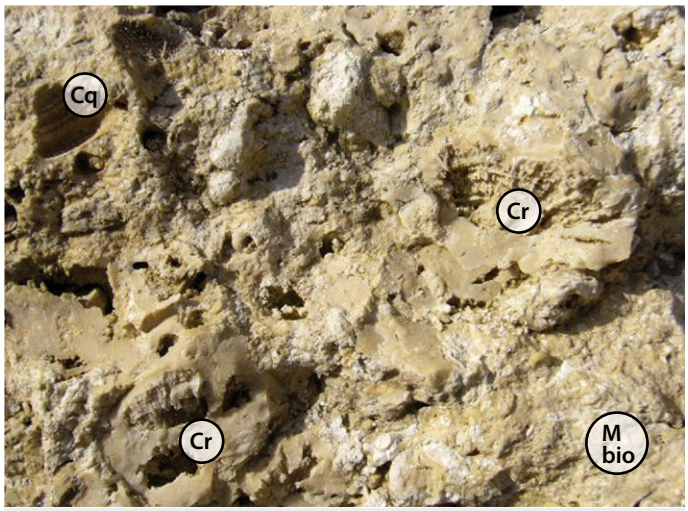


Fig. 19. Calcaire récifal des blocs glissés. Les coraux ont un aspect plus ou moins laminaire, massif, dû à la recristallisation de l'aragonite en calcite, ou une apparence vacuolaire résultant de la dissolution. Des coraux à demi dissous (Cr) sont encore identifiables. C'est l'alignement de ces vacuoles qui permet de repérer la stratification initiale du sédiment. Le sédiment (micrite + bioclastes divers), d'aspect plus rugueux (M bio), est mieux conservé. Des coquilles de mollusques dissoutes (Cq) accentuent le caractère vacuolaire de la roche.

donnant une fraction micritique, c'est-à-dire un calcaire très fin dont la taille des grains est de quelques microns. On discute plus loin des caractères de ce calcaire corallien dont le faciès doit être examiné au microscope (voir p. 20, Sédimentation).

À l'affleurement, on note que les vacuoles résultant de la dissolution des coraux, tout comme les algues lamellaires (fig. 19), soulignent une stratification fortement inclinée (45° ou plus) vers le secteur nord. Une telle inclinaison est incompatible avec la position de croissance originelle, à l'horizontale, des coraux et des algues. Il s'agit donc de blocs déplacés, ou olistholithes, de calcaires coralliens, glissés sur le talus sous-marin en contrebas du platier récifal (voir fig. 20 et 21). Comme on l'observe couramment dans les glissements de terrain, les blocs ont glissé en effectuant un mouvement de rotation à contre-pente. Ils montrent parfois des perforations superficielles dues aux lithophages (voir un bel exemple sur un bloc placé à l'entrée du chemin longeant l'Aubette, près du passage piéton, et menant au portail de la carrière) et sont eux-mêmes recouverts par le calcaire à algues. Le glissement s'est donc effectué en milieu sous-marin dans la mer danienne. Le site suivant en apporte la démonstration.

7. Le promontoire : anatomie d'un glissement sous-marin (site G7)

C'est l'affleurement majeur des carrières (fig. 9 et 10). Sa préservation résulte du fait qu'il est composé de matériaux variés mais sans intérêt du point de vue de l'exploitation. Visible de longue date, il échappa de justesse à la destruction préconisée par la Drire, avant que l'aménagement de la carrière par le conseil général du Val d'Oise ne le mette fort justement en valeur. L'ensemble est complexe ; il mérite d'être examiné méthodiquement et fournit un exercice exceptionnel de dessin d'affleurement. C'est l'occasion rare de détailler un phénomène de glissement sous-marin, en bénéficiant des observations rassemblées précédemment.

Les différents éléments en présence apparaissent sur la fig. 20. L'interprétation du phénomène est donnée sur la fig. 21.

De nombreux autres exemples de tels blocs glissés ont été observés au cours de l'exploitation ; certains sont restés abandonnés dans la carrière. D'autres demeurent in situ, généralement au sein de coulées boueuses de craie liquéfiée (voir plus loin, site G9).

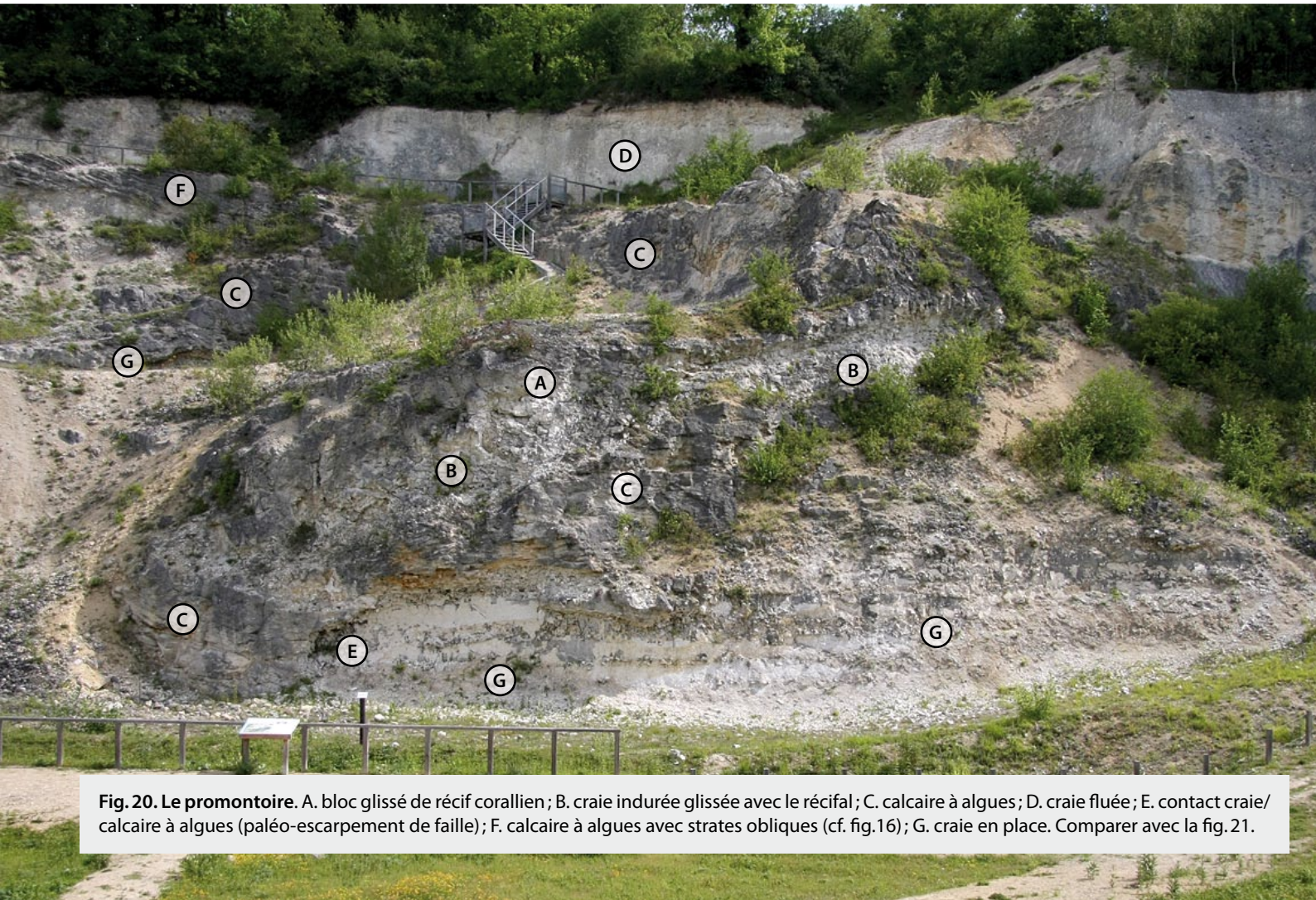


Fig. 20. Le promontoire. A. bloc glissé de récif corallien ; B. craie indurée glissée avec le récifal ; C. calcaire à algues ; D. craie fluée ; E. contact craie/calcaire à algues (paléo-escarpement de faille) ; F. calcaire à algues avec strates obliques (cf. fig.16) ; G. craie en place. Comparer avec la fig. 21.

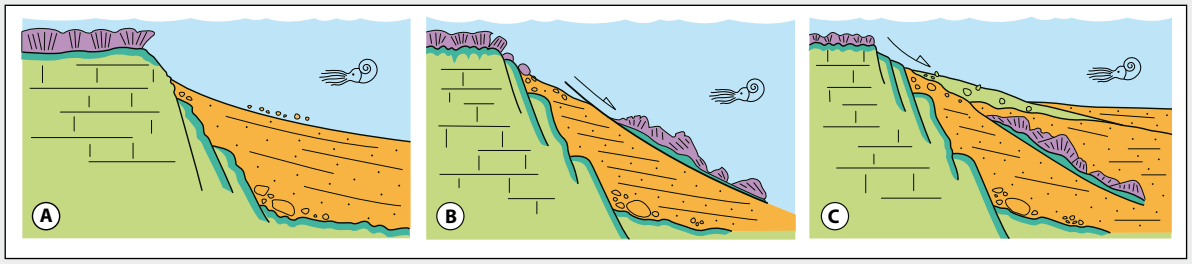


Fig. 21. Représentation schématique du glissement sous-marin de blocs récifaux.

A. Situation initiale. Vert : craie (substratum) ; violet : platier récifal ; vert vif : craie indurée (dolomitisée) en milieu sous-marin ; orange : dépôt de calcaire à algues plaqué contre des paléo-escarpements de failles contemporaines de la sédimentation danienne.

B. Activation des failles (mêmes couleurs) ; émiettement et déstabilisation du platier récifal. Surface de glissement sous-marin tronquant le calcaire à algue déjà déposé ; les blocs de calcaire récifal, basculés et glissés, entraînent dans le mouvement la craie indurée du substrat.

C. Poursuite du dépôt du calcaire à algues (orange) ; déstabilisation de la craie s'écoulant sous forme de coulée boueuse (vert).

8. La craie, là où elle ne devrait pas être (site G8)

La coupe exposée vers l'extrémité est de la grande carrière pose une question longtemps demeurée sans réponse. Elle est restée inchangée depuis 1935 (fig. 1) au moins, malgré l'avancement des travaux et du front de taille ; une vue de 1945 (fig. 22) montre le même dispositif.

Le calcaire à algues, à la stratification bien visible, horizontale et non oblique, y montre son meilleur développement. Il a été activement exploité (fig. 1, 2 et 22). Il repose directement sur la craie à gauche et, à droite, sur des blocs de calcaire récifal glissé qui présentent une stratification à fort pendage typique des coraux lamellaires, par l'intermédiaire d'une surface irrégulière.

La craie blanche à silex, épaisse de plusieurs mètres, surmonte partout le calcaire à algues. Elle est affectée de diaclases et donc difficile à distinguer de la craie campanienne classique. Cette disposition parut longtemps énigmatique, obligeant à penser, en application du principe de superposition,

Fig. 22. La carrière de Vigny en 1945. L'exploitation est comparable à celle qui existait dix ans plus tôt (fig. 1). Le calcaire à algues, bien développé, est surmonté continûment par la craie resédimentée. Au fond, les festons de solifluxion sont particulièrement bien visibles (photo A.-F. de Lapparent).

que le « pisolithique » ne pouvait être plus récent que la craie qui le surmonte ici. Lorsque l'âge tertiaire (Danien) du calcaire de Vigny fut démontré sur des bases paléontologiques, on dut admettre que cette craie n'était pas en place, mais qu'elle avait été déplacée secondairement. Ce n'est que récemment que les modalités de ce remaniement de la craie, à l'état de coulées boueuses dans la mer danienne, ont été précisées [19, 20]. Des figures de solifluxion quaternaires affectent la partie sommitale de la craie resédimentée (voir plus loin ; fig. 1, 22 et 49).

9. Voyage dans une coulée boueuse de craie fluée (sites G9 et G1)

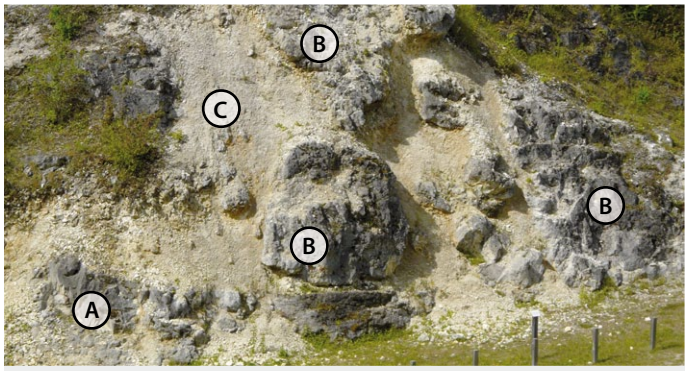


Fig. 23. Le calcaire à algues (A) supporte la coulée boueuse sous-marine de craie fluée (C) englobant des blocs de calcaires récifaux (B), elle-même surmontée par du calcaire à algues.

Examinant maintenant le rebord sud de la carrière, on trouve en G9 un affleurement complexe, d'aspect chaotique, mais dont l'interprétation est fort instructive. La figure 23 en montre les principaux éléments.

À la base, à gauche, le calcaire à algues apparaît sous son faciès habituel (env. 1m).

Il est surmonté par une masse épaisse de craie resédimentée, à la surface sombre du fait de la prolifération des algues et lichens actuels. Elle englobe de nombreux blocs de toutes tailles d'un calcaire récifal dont le faciès est analogue à celui des grands blocs glissés du site G6. La manière dont cette craie épouse intimement les irrégularités et anfractuosités de leur surface démontre qu'elle s'est trouvée à un moment donné à l'état liquide ou pâteux, mêlée aux blocs calcaires. Le curieux faciès de la craie, criblé de vacuoles vides (fig. 24A), rencontré au voisinage de gros blocs, est vraisemblablement une émulsion de pâte de craie et de fluide (eau, gaz), réalisée au cours de l'écoulement de la coulée boueuse.

Un banc de calcaire à algues, mal visible aujourd'hui, surmonte la coulée de craie à blocs, attestant qu'il s'agit bien d'un événement intra-danien, « pris en sandwich » au sein de la sédimentation calcaire à algues (cf. schéma général, fig. 11).

Vers l'extrémité ouest de la carrière (site G1, fig. 9), sous le chemin menant au bois des Roches, un petit front de taille place la coulée boueuse dans un cadre plus large (fig. 25 et 26). La pâte crayeuse a les mêmes caractéristiques que précédemment. En plus des blocs, elle inclut de nombreuses « poches » de sédiments bio-clastiques riches en débris d'algues, non consolidés, probablement arrachés au fond marin et incorporés à la coulée boueuse lors de son écoulement (fig. 24C).

La coulée a sans doute permis le transport des blocs chaotiques de calcaire corallien accumulés à droite de la coupe vers le secteur sud (fig. 25 et 26).

Le témoin du calcaire à algues qui scelle la coulée visible en haut à gauche se raccorde à l'affleurement du même calcaire, du côté droit du site.

Fig. 24. Éléments significatifs de la coulée de craie fluée

A. Craie fluée vacuolaire sous un bloc calcaire emballé dans la coulée. Les vacuoles correspondent à des bulles de fluides emprisonnés dans la pâte de craie fluidifiée.

B. Silex de la craie remanié dans la coulée de craie fluée. Sa diagenèse était alors incomplète et a évolué différemment de celle des silex restés in situ : teinte toujours très claire, craquelures de surface, excroissances postérieures de silice, etc.

C. Poche de sédiment bioclastique danien incorporée à la coulée de craie fluée lors du glissement sous-marin.

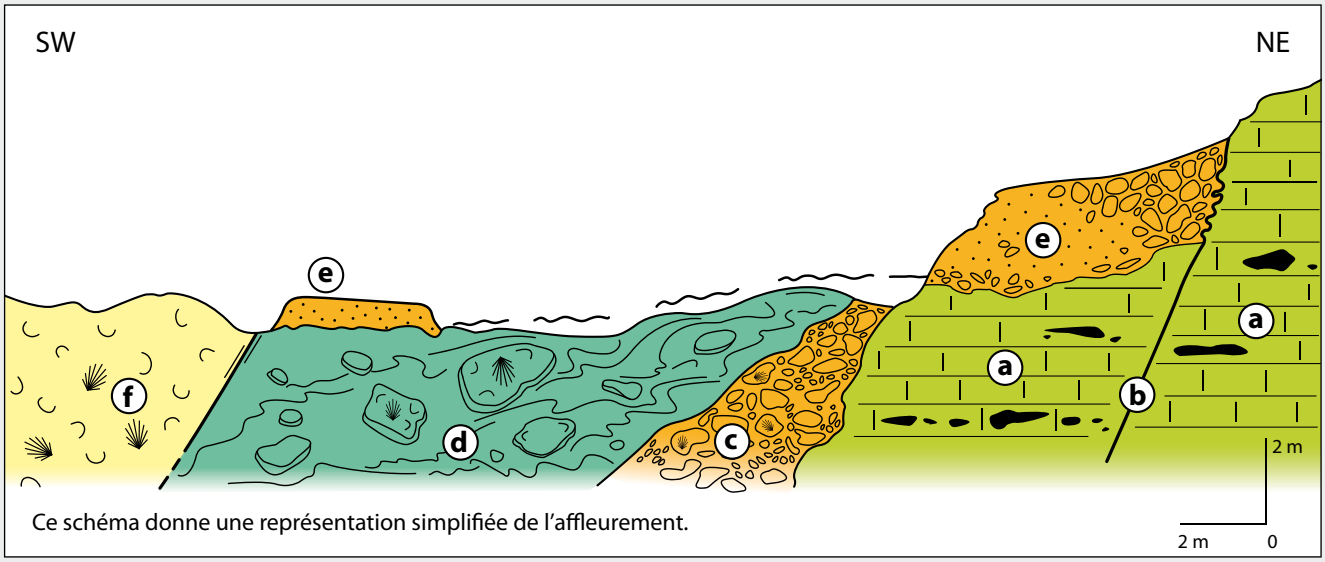


Fig. 25. Représentation schématique de la coulée boueuse du site G1 et des terrains qui l'encadrent (fig. 26) :

a. craie campanienne à cordons de silex (substrat) ;

b. faille intra-danienne ;

c. brèches constituées essentiellement de coraux et débris de coraux ; elles représentent probablement un témoin de « tombant récifal » formant talus en pied de faille ;

d. coulée boueuse de craie fluée à blocs et poches de sédiment bio-clastique danien (fig. 24C) ;

e. calcaire à algues scellant la coulée. Vers le Nord-Est, il se raccorde à l'affleurement du site G2 a-b , fig. 11 ;

f. blocs glissés de calcaire récifal (véhiculés sur ou au front de la coulée ?).

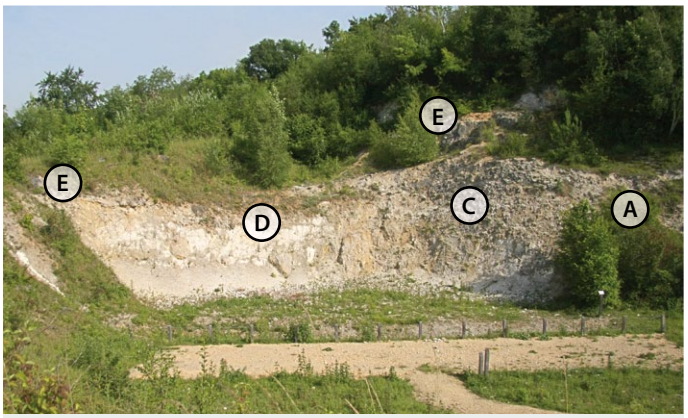


Fig. 26 Coulée de craie fluée. Voir description dans le texte et interprétation, fig. 25 : les lettres A et C- E sont celles de la fig. 25.

Fig. 27. Calcaire construit à coraux du platier récifal du bois des Roches. Les colonies coralliennes en coupe ou en assiettes ont été fortement altérées par la diagenèse.

10. Le platier récifal du bois des Roches (sites G13 à G15)

Des affleurements du platier récifal sont visibles dans le sous-bois (fig. 9). On y accède par le haut en suivant le chemin forestier, ou par le bas en longeant les anciennes carrières orientales le long de l'Aubette, puis en montant dans le bois par le chemin récemment aménagé. Les carriers ont foré jadis plusieurs puits dans le calcaire corallien, sans doute dans l'espoir de retrouver le « pisolithique » des carrières du bas. En fait, le calcaire récifal, épais de quelques mètres, repose ici directement sur la craie. Il a subi des phases prononcées de dissolution-recristallisation qui ont altéré son aspect (fig. 27). L'intérêt de ce site est surtout de montrer l'existence de constructions récifales in situ, formant un véritable platier corallien, tandis que les carrières du bas les montrent seulement à l'état démantelé, en blocs glissés, resédimentés au sein de dépôts différents.

11. En regardant pousser les coraux (site G12)

Dans les carrières orientales au bord de l'Aubette, de grands blocs de calcaire corallien ont été dégagés pour permettre l'observation de grandes gerbes de coraux branchus. Ils sont souvent associés aux coraux lamellaires (fig. 9 et 28).

12. Lire le paysage (vu depuis le belvédère ; site G16)

Pour terminer, on emprunte l'escalier menant au belvédère (fig. 9).

Au premier plan, le site de la carrière est bien visible et, au-delà de l'Aubette, l'anticlinal de Vigny (voir panorama commenté et plus loin, thématique Terrains et paysages, fig. 53).

Le bloc diagramme de la figure 29 permet de relier les différents affleurements observés dans une vue d'ensemble du site de Vigny au cours du Danien.

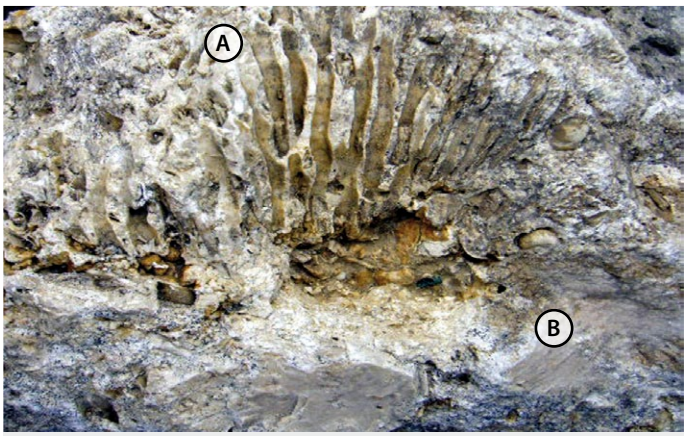


Fig. 28. Association de coraux : formes buissonnantes (A) se développant sur un substrat de coraux lamellaires ondulés (B).

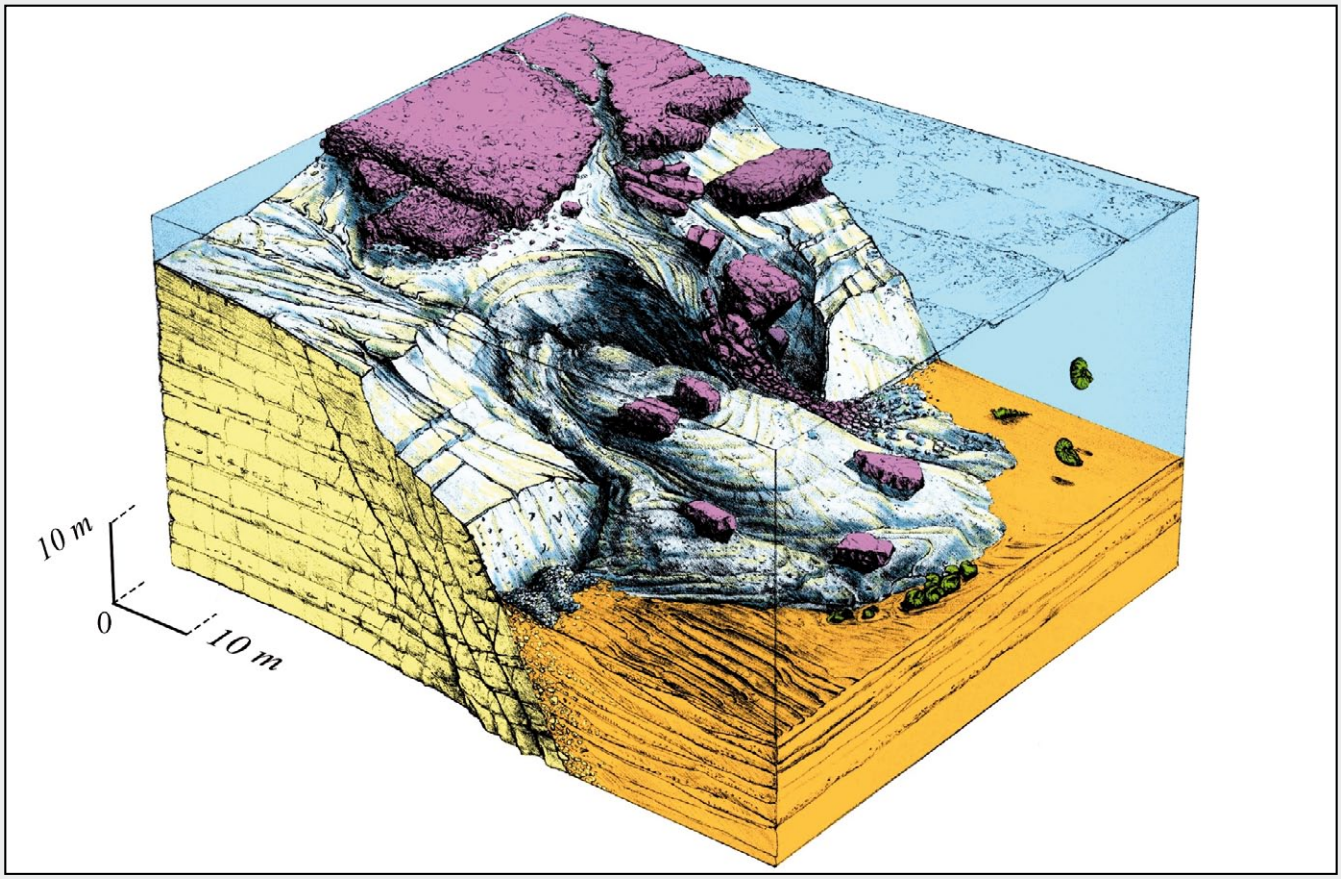


Fig. 29. Bloc-diagramme donnant une représentation synthétique de l'évolution du site de Vigny.

On y distingue :

– le platier récifal du bois des Roches (violet) sur son substrat de craie ;

– les failles affectant ce substrat et engendrant des reliefs sous-marins (paléo-escarpements) ;

– le sédiment calcaire à algues (orange) mis en place dans un chenal, au pied des escarpements ;

– les déstabilisations dues aux jeux de failles, qui ont engendré des phénomènes gravitaires de grande ampleur : glissements de blocs de calcaire récifal ; écoulements en coulées boueuses de craie liquéfiée.

Quelques thèmes d'études

Les exposés qui suivent complètent la présentation des sites. Ils sont aussi destinés à orienter la visite des carrières vers différents thèmes d'observation et de réflexion.

1. Des sédiments et des roches

Outre la compréhension de l'édifice sédimentaire complexe exposé à Vigny, la carrière fournit l'occasion de s'intéresser plus particulièrement aux sédiments, à leurs modes de dépôt et aux mécanismes qui conduisent à leur transformation en roche.

Il y a craie et craie

À partir de la craie crétacée d'âge campanien, on reconnaît quatre manières d'être de la craie. Elles se distinguent à l'œil nu ou en usant de techniques plus sophistiquées telles que le microscope électronique (MEB).

La craie campanienne en place (par exemple, site G3) est issue d'une boue blanche faite presque exclusivement de microscopiques coquilles d'organismes planctoniques unicellulaires : foraminifères (cf. fig. 41A) et algues vertes ou coccolithophoridés dont la cellule est couverte de très petits disques calcaires, les coccolithes (fig. 30).

Ces dépôts se sont effectués en milieu assez profond (200 m d'eau environ), calme, éloigné des côtes (absence d'apports détritiques) et bien oxygéné. Les eaux étaient peuplées par une faune assez abondante et variée : organismes nageurs proches des seiches (Bélemnitelles) et organismes benthiques vivant au fond des mers – mollusques, brachiopodes, oursins mangeurs de vase, dits « limivores » (tels que *Micraster* ou *Echinocorys*) et de très nombreuses éponges siliceuses (fig. 31). Les « rognons » de silex, fréquents dans la craie, se sont formés lors du dépôt à partir notamment de la silice de ces éponges (fig. 36B). La craie est restée une roche exceptionnellement peu compactée, friable, légère, et finement poreuse (fig. 30).

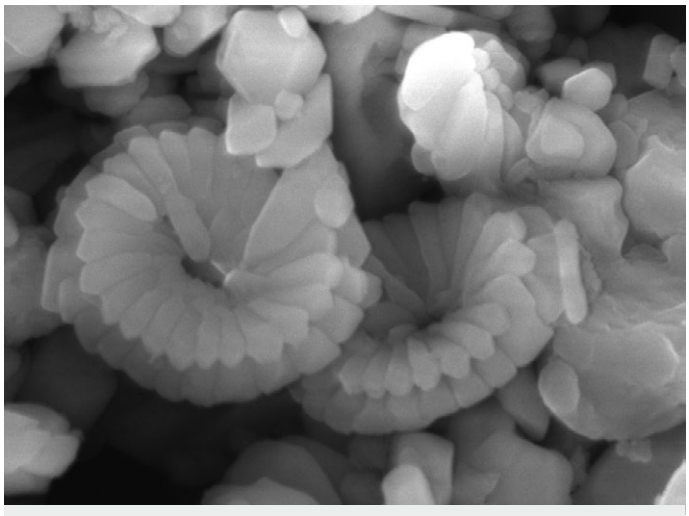


Fig. 30. La craie vue au microscope électronique (MEB) montre une accumulation de coccolithes. On voit aussi de nombreux grains qui sont des microcristaux de calcite (CO_3Ca = calcaire) de la taille du micron (1/1 000e de mm), d'où le nom de micrite désignant les calcaires constitués de tels cristaux. Les espaces séparant ces grains montrent la micro-porosité importante de la craie.

La craie dite « sonnante », rugueuse et dure (voir fig. 13, 20 et 21) a été exposée pendant une longue période au contact de l'eau de la mer danienne (fond marin, paléo-escarpement). Il en est résulté une certaine transformation de la roche (diagenèse), enrichie en magnésium (Mg) issu de l'eau

Fig. 31. La mer de la craie dans les phares de la soucoupe plongeante

Composition réalisée à partir d'une photo prise en plongée au large de la Nouvelle-Calédonie où se déposent actuellement des boues à coccolithes très comparables à ce que fut la craie. Ce fond est peuplé de grandes éponges siliceuses (forme en coupe à droite). Celle de gauche est une espèce fossile du Crétacé, représentée morte et basculée. Ces éponges libèrent des myriades de spicules siliceux (en opale) qui participeront à la formation précoce des rognons de silex (fig. 41A et B).

L'aspect granuleux du fond est dû aux bioturbations comme on en rencontre assez souvent dans la craie noduleuse (indice d'un fond marin assez bien oxygéné pour favoriser une forte activité benthique). Au premier plan, un oursin de la craie, animal limivore (*Micraster* en forme de cœur) fouit la boue crayeuse en quête de nourriture, laissant derrière lui une trace de son passage (bioturbation). D'autres organismes non adaptés aux fonds boueux (huîtres, bryozoaires, etc.) utilisent les squelettes calcaires ou siliceux des formes précédentes pour se fixer sur un support suffisamment dur et stable.

de mer. Cet apport a provoqué une dolomitisation plus ou moins forte de la craie, devenue plus dure et rugueuse au toucher, plus « sonnante » au choc. Les coccolithes sont souvent altérés ou fragmentés. Cette craie indurée, qui formait le substratum des calcaires coralliens, en est restée solidaire lorsqu'ils ont été démantelés à l'état de blocs glissés, un niveau de décollement se manifestant, résultant d'une discontinuité mécanique entre cette craie durcie et la craie ordinaire plus tendre. C'est ce que montrent les blocs glissés du promontoire (site G7 ; voir fig. 20 et 21).

La craie fluée (fig. 22 à 26 et 9) a été liquéfiée au cours du Danien alors que sa lithification était encore incomplète, et elle s'est trouvée gorgée d'eau par suite des jeux de failles. Différents indices, mentionnés plus haut, indiquent clairement sa consistance fluide (fig. 24A et C). Elle s'est répandue sous forme de coulées boueuses sous-marines, emballant des blocs de calcaire corallien et des paquets de sédiments bio-clastiques (fig. 23, 25 et 26). Les silex qu'elle contient sont dispersés, souvent brisés in situ et affectés de croissances secondaires (fig. 24B) que ne montrent pas les silex restés dans la craie non remaniée.

La craie cryoturbée, sous l'effet du gel quaternaire, a éclaté en polyèdres de plus en plus petits vers le haut, jusqu'à adopter un comportement plus ou moins plastique dans les festons de solifluxion (fig. 1, 22 et 49). Toutefois, la cryoclastie et la cryoturbation quaternaires n'ont pas conduit à une liquéfaction analogue à celle qui s'était produite au Danien. Les fluages (solifluxion) de craie cryoturbée, sur les versants de reliefs, fréquents au Quaternaire, se font sous forme de granules (brèches à petits éléments souvent appelées « prêles » ; voir fig. 32). De tels produits de solifluxion empâtent le pied des reliefs, par exemple les falaises de craie des boucles de la Seine près de La Roche-Guyon [17]. Leur aspect est clairement différent de celui de la craie liquéfiée danienne.

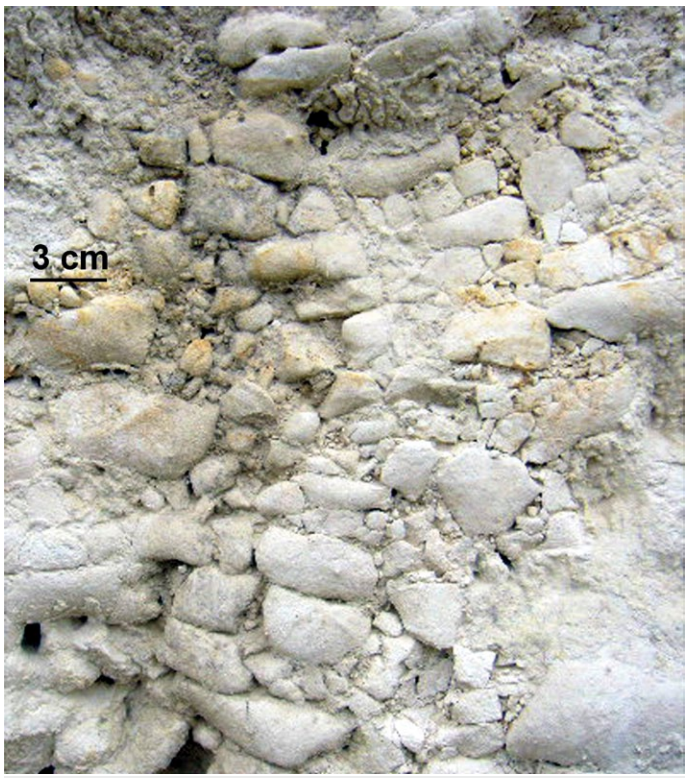


Fig. 32. Lors des périodes glaciaires quaternaires, les alternances de gel et de dégel ont affecté le sous-sol sur plusieurs mètres de profondeur. La craie a subi une fracturation (cryoclastie) d'autant plus intense que l'on s'approche de la surface.

Fig. 33. Le calcaire à algues

Exploitation du calcaire à algues au début des années 1990 (en contre-bas du site G3) ; à l'extrême droite, le calcaire à algues vient se plaquer contre un paléo-escarpement de craie (prolongement du faisceau de failles du site G4).

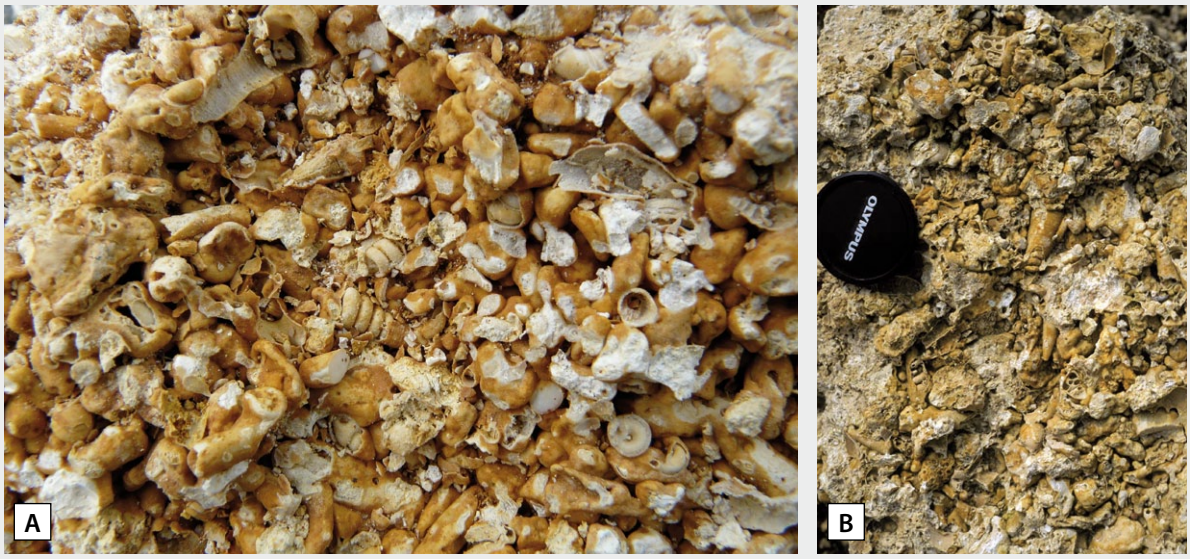


Fig. 34 A et B

A. Faciès grossier du calcaire à algues incluant de nombreux organismes roulés (gastéropodes notamment) ; B. Faciès à fragments d'algues, plus fin et plus homogène, incluant une proportion notable de débris coralliens.

Calcaire à algues et maërl breton

Le calcaire à algues de Vigny correspond à un sédiment assez peu fréquent, résultant : 1. d'une production très active d'algues calcaires rouges ; 2. d'un mode de transport et d'accumulation dans des chenaux soumis à des courants de fond suffisamment forts pour rouler des débris d'algues centimétriques. Ce type de courant a pris naissance, comme c'est fréquent, en longeant le pied d'escarpements sous-marins. Ils donnent lieu à des accumulations sédimentaires à stratifications obliques (fig. 5 et 16). La profondeur de dépôt est assez difficile à estimer : beaucoup des bioclastes mêlés aux algues (débris de coraux, mollusques, oursins) sont déplacés à partir de tranches d'eaux plus superficielles (fig. 42A).

Les organismes les plus profonds, par exemple certains Hydrozoaires stylastéridés, indiquent une profondeur d'eau de l'ordre de la cinquantaine de mètres, voire davantage.

Un dépôt analogue actuel, mais de mer tempérée, est le maërl du littoral breton dans le secteur des îles de Glénan, par exemple : même accumulation presque exclusive de débris d'algues rouges, forts courants, bathymétrie comparable et quelques autres organismes associés (mollusques et oursins) (fig. 44 A à D). Les coraux récifaux sont évidemment absents dans les eaux tempérées d'Armorique.

À rappeler pour finir que le terme « pisolithique », consacré par l'usage, est néanmoins erroné : les pisolithes s.s. ne sont jamais faits d'algues rouges marines. Il s'agit de concrétions de la taille d'un petit pois, dues à l'activité de cyanobactéries, surtout en milieu fluvio-lacustre.

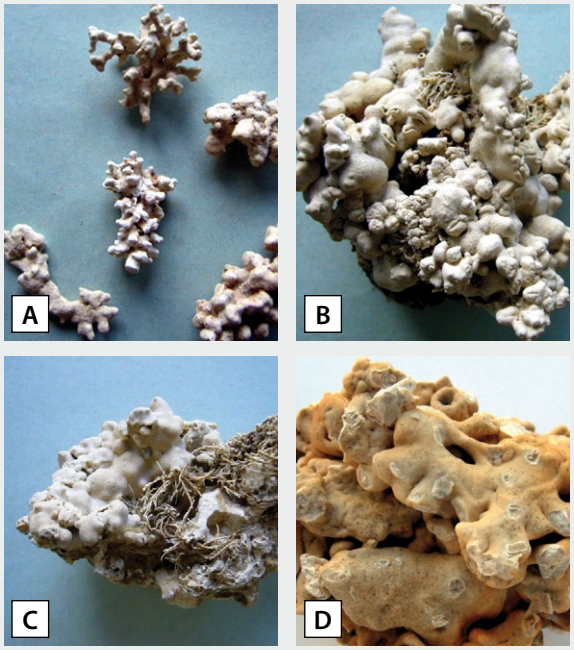


Fig. 35. Algues calcaires mélobésiées actuelles dont les fragments forment le maërl, sédiment analogue au calcaire à algues de Vigny.

A et B. Différentes formes d'algues rouges mélobésiées d'allure encroûtante ou concrétionnée.

C. Association avec d'autres formes d'algues rouges en buissons (corallinacées).

D. Gros fragments de mélobésiées du calcaire à algues danien pour comparaison (env. 6 cm de long).

Le récif corallien de Vigny

Le récif de Vigny est exceptionnel à plus d'un titre. Les mers couvrant le bassin de Paris n'avaient pas abrité de constructions récifales depuis le Jurassique (Oxfordien, env. – 150 m.a). L'épisode récifal danien (– 62 m. a. env.), connu ailleurs ponctuellement dans le bassin parisien (à Laversines près de Beauvais, à Montainville au sud de Meulan), est le dernier qui se soit développé dans ces régions. Après quoi, il n'y eut plus jamais de récifs dans les mers de la région, même si, à certaines époques de l'Éocène, et notamment au Lutétien, une mer tiède baignait le golfe d'Île-de-France.

Le récif de Vigny compte une trentaine d'espèces de coraux madrépores arbustifs, lamellaires, massifs en boules ou tabulaires. Cette faune très variée révèle un récif aussi bien développé que ceux des régions tropicales (fig. 38A, 48). La flore algaire et la faune d'accompagnement (foraminifères, mollusques, oursins, bryozoaires, etc.) conduisent à la même conclusion.

La proportion de micrite, toujours importante dans le calcaire corallien (blocs glissés et aussi récif in situ du bois des Roches), appelle deux remarques.

- Il s'agit d'un récif assez envasé. Il était donc situé dans une zone protégée du déferlement des vagues qui évacuent la boue calcaire (zone dite de plate-forme interne) (fig. 41C et D). Cette boue carbonatée abondante résulte, soit d'une

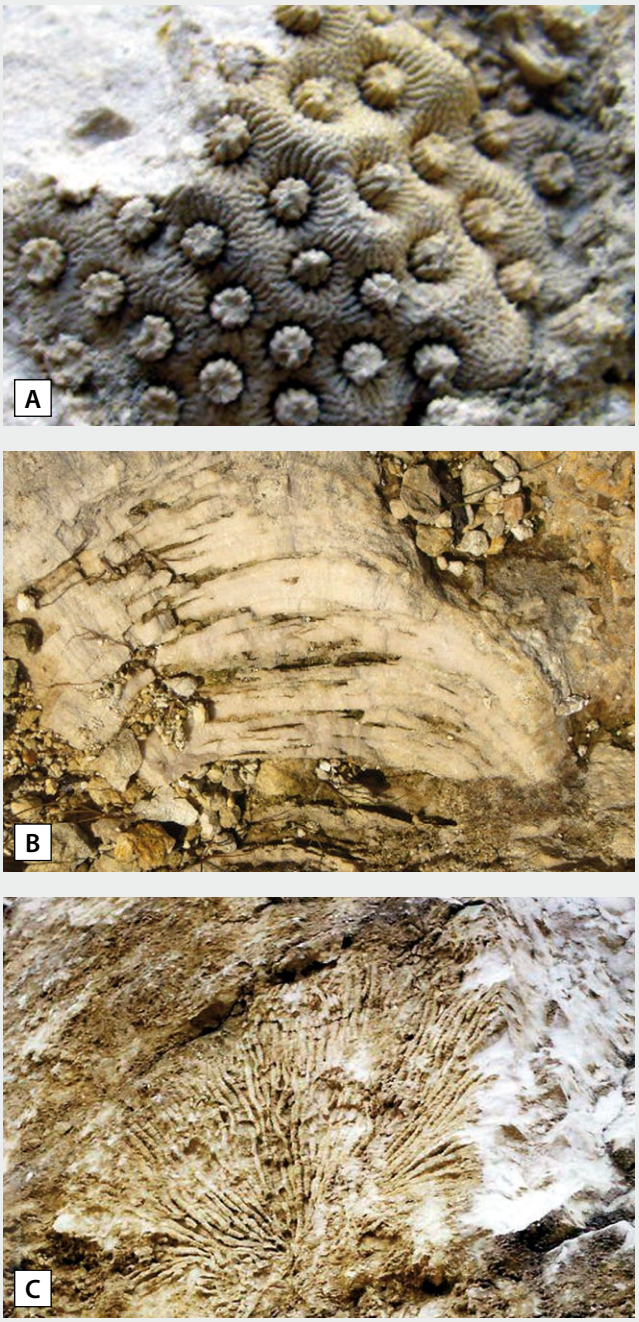


Fig. 36. Différents aspects des coraux récifaux (madrépores) daniens de Vigny

A. Moulage naturel de colonie en forme de vasque.

B. Colonie massive en dôme, recristallisée en calcite et partiellement dissoute ; la structure initiale transparaît sous l'aspect d'un fin treillage.

C. Colonie en gerbe (hauteur env. 30 cm).

Fig. 37. Récifs actuels au passage du golfe de Suez-Mer Rouge

Au premier plan, le lagon ou plate-forme interne est un platier corallien en milieu protégé recouvert d'une très faible tranche d'eau (cf. Vigny). Des vasques et chenaux plus profonds (bleu sombre) alternent avec des accumulations de sédiment bioclastique (plus blanc). L'ourlet blanc discontinu signale le contact avec le milieu ouvert battu par les vagues. Au milieu, la zone de plus forte bathymétrie est accidentée par une crête rocheuse qui a permis l'implantation d'une barre récifale étroite aux flancs abrupts (ourlet blanc des vagues). À l'arrière-plan, les terres émergées : plaine littorale et reliefs de l'arrière-pays.

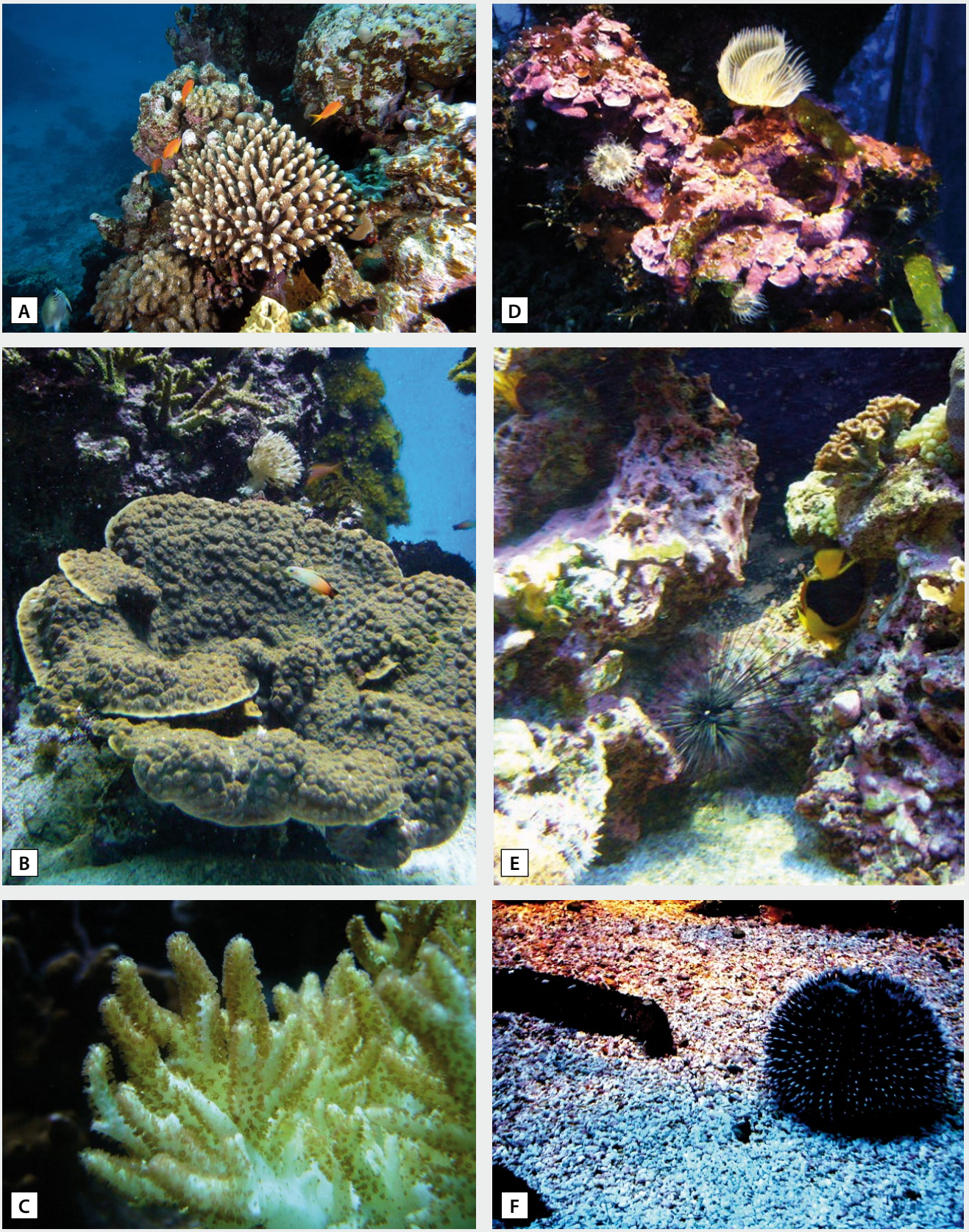


Fig. 38. Édifices récifaux actuels. Éléments de comparaison avec les calcaires coralliens daniens.

A. Coraux en gerbes en bordure d'un tombant récifal (sédiments et débris de colonies en contrebas) (Mer Rouge, cliché). À droite, des coraux nécrosés ont été recouverts par des algues rouges calcaires. Le récif est ainsi fait de l'addition de différents organismes constructeurs et de sédiments (bioclastes, boue calcaire) venant colmater les espaces entre les colonies coralliennes.

B. Grande colonie corallienne en vasque, à comparer avec fig. 36A.

C. Coralliaire montrant les polypes avec leurs tentacules épanouis.

D. Colonies d'algues rouges calcaires (rouge lie-de-vin lorsqu'elles sont vivantes, blanches une fois mortes).

E. Coraux, oursin et encroûtements d'algues mélobésiées de teinte lie-de-vin. Sur le fond, gravier de gros débris bioclastiques.

F. Oursin et Holothurie (à gauche) contribuent à triturer le gravier calcaire bioclastique du fond, assez comparable au calcaire à algues de Vigny.

précipitation chimique dans l'eau de mer, soit, pour l'essentiel, de la pulvérisation des coraux et des coquilles par les poissons-perroquets, les vagues, les organismes micro-perforants (voir plus haut), etc. Ces derniers – cyanobactéries par exemple – sont d'autant plus actifs que le milieu est calme.

- Les organismes lamellaires ou en assiette (algues, bryozoaires, coraux) sont seuls capables de se développer de manière stable sur un substrat meuble du type boue calcaire, ce que ne peuvent faire des organismes en gerbe. Ces derniers s'implantent après que les formes lamellaires pionnières aient stabilisé le substrat (fig. 28). C'est bien ce que montre un examen attentif des sites G6 et 12. Dans l'état actuel des affleurements, on ne peut dire où se trouvait le front récifal battu par les vagues et donc dépourvu de boue (plate-forme externe) par rapport aux zones à dépôts abritées observées sur le terrain.

Fig. 39. Nautiles actuels au large de la Nouvelle-Calédonie.

Des nautiles énigmatiques

Les nautiles sont des mollusques céphalopodes à coquille enroulée et cloisonnée, un peu comparables aux ammonites de l'ère secondaire. Apparus il y a environ 240 m.a. et souvent cités comme exemples de « fossiles vivants », les nautiles actuels se rencontrent dans la zone tropicale indo-pacifique (entre les latitudes 30° Nord et 30° Sud), par exemple au voisinage de la Nouvelle-Calédonie (fig. 39). Ils vivent au voisinage des pentes d'avant-récif, le plus souvent entre 150 et 300 mètres de profondeur [2]. La limite supérieure est déterminée par la température : les nautiles ne peuvent séjourner longtemps dans des eaux dépassant 25° C. En profondeur, ils descendent occasionnellement jusqu'à 500 mètres. Au sein des profondeurs, ils effectuent des migrations quotidiennes, montant la nuit pour se nourrir et descendant le jour pour échapper aux prédateurs.

Les nautiles « fossiles » sont relativement fréquents dans le calcaire à algues de Vigny, où ils sont représentés par deux espèces : *Hercoglossa danica* et *Eutrephoceras hebertinum* [2] (fig. 7). On en a trouvé jadis en grand nombre, contre les blocs glissés de calcaire récifal (fig. 17 et 18 et site G6). Certains spécimens de grande taille atteignaient une soixantaine de cm de diamètre ! Le nautile *H. danica* était un animal de haute mer, ayant eu, au Danien, une vaste répartition géographique : Scandinavie, bassin de Paris, plate-forme russe, Crimée, Caucase, Égypte. Des formes proches existaient en Inde, à Madagascar, en Afrique centrale atlantique (Cabinda) et en Amérique du Nord. Le nautile *E. herbetinum* était également présent de la Scandinavie à l'Égypte et à Madagascar. Ce sont là de bons exemples de fossiles à caractère pélagique, ayant eu une grande diffusion et permettant ainsi des corrélations stratigraphiques à grande distance.

Les nautiles de Vigny posent une énigme quant à leur milieu de vie. En effet, la mer danienne qui s'étendait sur le bassin de Paris, et à Vigny en particulier, était d'une profondeur inférieure aux 150 à 300 mètres cités plus haut pour les nautiles actuels. On peut alors avancer plusieurs hypothèses.

– Il est possible que ces fossiles soient des coquilles d'organismes morts, longtemps flottées depuis la haute mer et venues s'échouer près des rivages, ou sur des hauts-fonds, comme on le voit aujourd'hui dans les îles du Pacifique. C'est ce que pourrait laisser supposer la conservation incomplète des nautiles de Vigny.

– Peut-être aussi ne s'aventuraient-ils que périodiquement dans le golfe parisien peu profond.

– Enfin, il est à noter que les nautiles sont aujourd'hui peu diversifiés (1 seul genre, 4 ou 5 espèces). Ils l'étaient beaucoup plus au début du Tertiaire (4 familles, 7 genres). Les nautiles daniens, comme les espèces du Jurassique-Crétacé ou de l'Éocène, d'ailleurs, vivaient sans doute dans des environnements plus variés que leurs homologues actuels. On touche là aux limites de l'actualisme. Il serait sans doute imprudent de vouloir reconstituer, jusque dans le détail, le mode de vie des nautiles daniens à partir de celui de leurs représentants actuels.

Fig. 40. Moulage interne naturel d'un nautile de Vigny (env. 20 cm). La coquille est enroulée en spirale et cloisonnée (cloisons ondulées visibles à gauche). La dernière loge à droite est la plus vaste. Elle était occupée par le corps de l'animal.

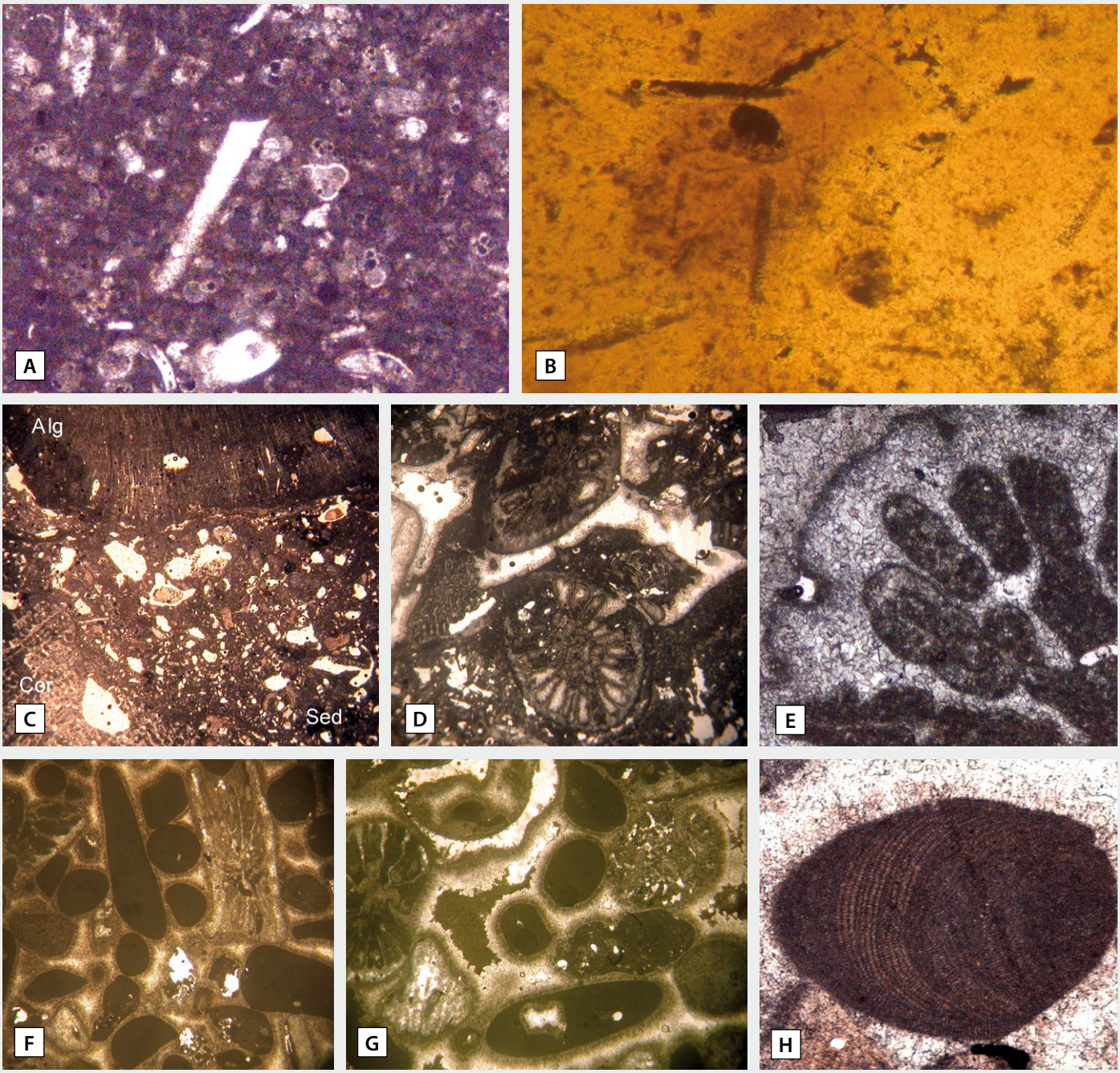


Fig. 41. De la roche au sédiment : examen au microscope de roches de Vigny permettant de reconstituer les sédiments, leurs environnements de dépôt et les processus de diagenèse qui les ont affectés.

A. Craie du Campanien. Un dépôt pélagique de boue calcaire (micrite sombre à nombreux foraminifères planctoniques (petites sphères accolées), très fins débris de coquilles et spicules d'éponges en opale (silice). Les coccolithes (cf. fig.30) ne se voient pas au microscope ordinaire.

B. Silex de la craie (calcédoine) incluant de nombreux spicules d'éponges encore visibles.

C. Calcaire récifal à fragments d'algues (Alg), de coraux lamellaires (Cor) et sédiment bioclastique (Sed) constitué de boue calcaire (micrite) et de bioclastes calcaires dont un grand nombre (originellement en aragonite) a été dissous (taches blanches).

D. Calcaire récifal : sédiment bioclastique et sections de coraux. Des vacuoles de dissolution ont progressé probablement à partir de bioclastes en aragonite dissous. L'intérieur des vacuoles est tapissé de calcite à cristaux limpides bien visibles (sparite).

E. Fragment de corail. Le squelette d'aragonite (muraille extérieure et cloisons rayonnantes) a été dissous puis remplacé (diagenèse) par de la calcite grenue (sparite). L'intérieur du polype a été rempli de sédiment fin (boue = micrite) qui n'a pas subi de dissolution.

F. Calcaire à algues. Les débris d'algues (sombres) et d'autres bioclastes (coraux notamment) ont été usés lors du transport par les courants et sont remarquablement arrondis. La fraction boueuse (micrite) du sédiment, « vannée » par les courants, n'est pas conservée (indication d'un milieu dit de haute énergie ou agité). Les grains sont liés entre eux par un liséré de cristaux de calcite claire (sparite), laissant des vides importants (porosité). Certains grains ont subi une dissolution partielle ou totale (vacuoles claires).

G. Calcaire à algues. Les grains du sédiment (débris roulés d'algues et de coraux) sont reliés par un ciment constitué par plusieurs générations de calcite largement cristallisée (sparite) : d'abord sombre, à structure fibreuse, puis limpide, grenue, à rhomboèdres bien visibles (losanges).

H. Débris d'algue arrondis à structure cellulaire, en couches successives, bien visibles (les parois des cellules d'algues rectangulaires sont minéralisées en calcaire) ; ciment de sparite entourant le grain.

(A-D et F : largeur des clichés, environ 1 mm ; E : environ 5 mm)

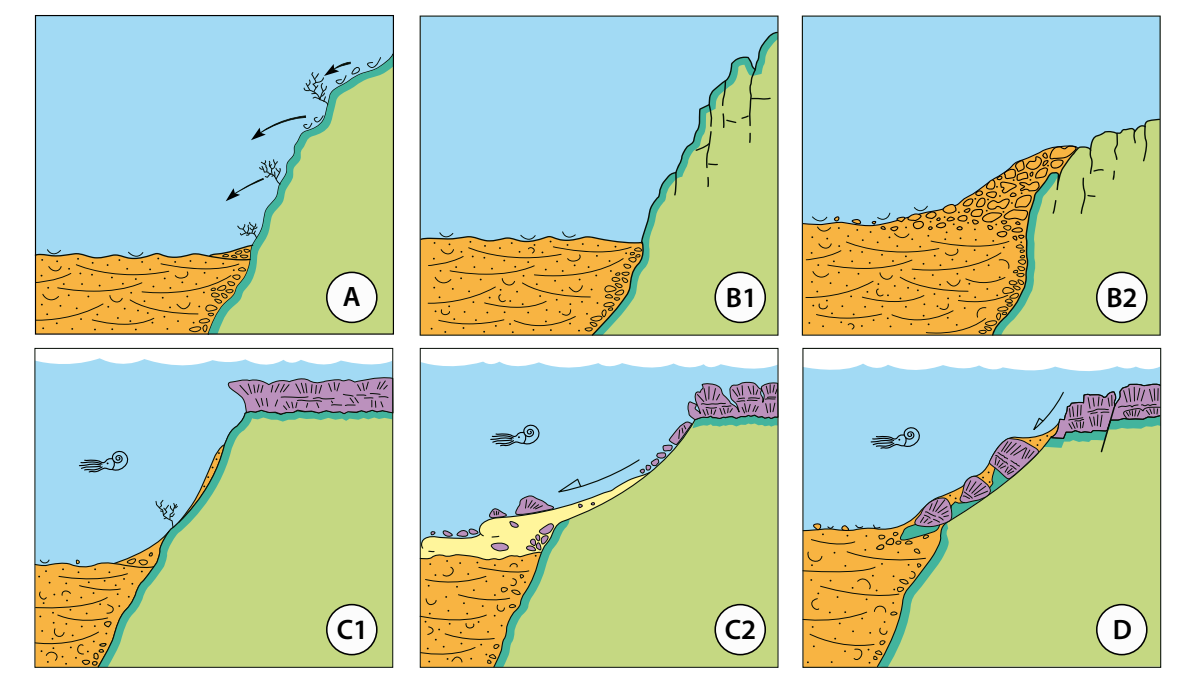


Fig. 42. La sédimentation gravitaire

A. Chutes de débris d'organismes, sédimentés dans un environnement plus profond que leur milieu de vie.

B. Écroulement sous-marin ; B1. état initial : fractures et diaclases fragilisent le relief ; B2. écroulement : formation d'un talus d'éboulis sous-marin.

C. Glissement sous-marin. La craie, encore peu consolidée mais protégée par le platier et l'encroûtement de craie indurée (C1), peut être liquéfiée et fluée (coulée boueuse) lorsque cette protection est rompue (C2).

D. Basculement et glissement de blocs sur une surface de troncature.

L'étude sédimentologique consiste à remonter le temps, partant de la roche actuelle pour retrouver le sédiment qu'elle fut à l'origine, son environnement de dépôt et les transformations qu'il a subies (phénomènes de diagenèse). Quelques exemples de roches de Vigny sont présentés, observés au microscope optique à faible grossissement (fig. 41).

Les phénomènes gravitaires dans la sédimentation

Il s'agit des phénomènes de glissements, écroulements et chutes diverses qui contribuent au déplacement et à la mise en place des sédiments. Ces processus sont très variés dans la nature, et bien représentés à Vigny du fait de l'existence de reliefs sous-marins (fig. 42).

Dans le cas d'apports gravitaires limités à l'état de grains (fig. 42A), des débris d'organismes vivant à faible profondeur (coraux, bryozoaires, mollusques, etc.) sont incorporés à des dépôts plus profonds. Ce phénomène est à prendre en considération dans l'interprétation des milieux de dépôts.

Dans le cas d'écroulement de reliefs et de formation de talus d'éboulis (fig. 42B1 et B2), les éléments anguleux peuvent être perforés par des lithophages marins et mêlés à des bioclastes (fig. 12).

Des matériaux fluides déstabilisés peuvent être resédimentés sous forme de coulées boueuses (cf. craie fluée ; fig. 23 , 25 et 42C) de forte densité capables de transporter, dans ou sur elles, des blocs rocheux de grande taille (cf. fig. 23). Une niche d'arrachement peut être visible en amont de la coulée (fig. 42C2).

Dans le cas de blocs basculés et glissés (fig. 42D), la surface de glissement correspond souvent à une troncature des dépôts sous-jacents (cf. site du promontoire, fig. 20).

La sédimentation danienne de Vigny, en contrebas du platier récifal, est caractérisée par la dualité entre des apports de sédiments en grains (calcaire à algues) mis en place par des courants de fond (strates obliques) et des événements gravitaires qui ont apporté, de manière quasi instantanée, des volumes considérables de matériaux resédimentés (cf. fig. 29).

Du sédiment à la roche : la diagenèse

La diagenèse est l'ensemble des phénomènes physiques et chimiques intervenant lors de la lithification ou passage du sédiment meuble à l'état de

roche dure. Il s'agit, d'une part, de la perte d'eau et de la compaction. D'autre part, interviennent des processus plus complexes d'échanges d'ions : dissolutions et recristallisations (cf. fig. 41). Ils se manifestent tôt, alors que le dépôt est encore dans son milieu de sédimentation (diagenèse précoce), ou bien plus tardivement, après enfouissement dans le sous-sol ou encore après émersion et exposition aux agents météoriques (fig. 43).

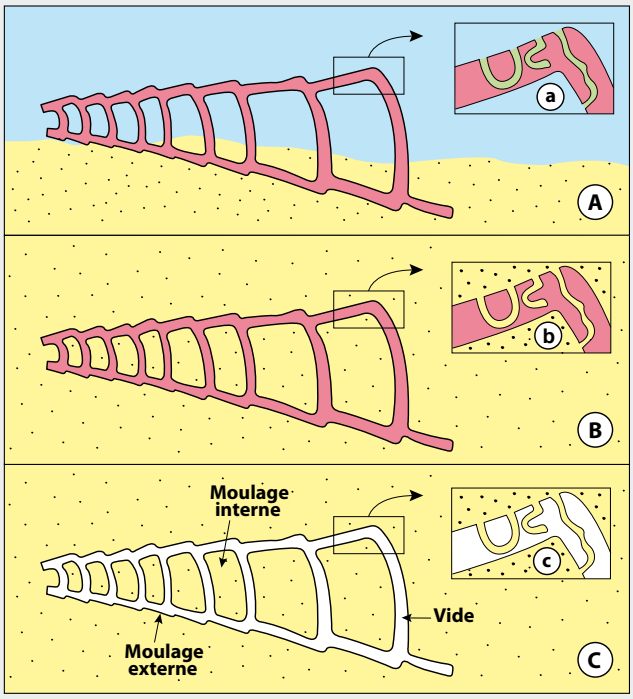


Fig. 43. Diagenèse des coquilles de mollusques

A. Coquille abandonnée sur le fond marin, attaquée par les micro-organismes perforants (a).

B. Coquille enfouie : les perforations sont elles-mêmes remplies de sédiment (b).

C. La coquille est dissoute (en priorité si elle était initialement en aragonite) ; il en reste une empreinte (moulage externe) et un moulage interne. Le remplissage des perforations par le sédiment subsiste en relief (c).

Après le retrait de la mer danienne, les calcaires de Vigny ont été soumis à une longue période d'émersion (voir fig. 52) qui a, entre autres conséquences, occasionné une dissolution de tous les squelettes et coquilles calcaires : les plus vulnérables en aragonite, comme les coraux et la plupart des gastéropodes, mais aussi ceux faits de calcite, notamment les bivalves. Seuls les tests et « piquants » d'oursins formés d'une calcite magnésienne ont résisté à cette dissolution. Ces coquilles ne sont donc aujourd'hui conservées qu'à l'état de moulages : les empreintes externes, conservant leur ornementation – côtes, épines, granules – et les moulages internes, révélant leur organisation intérieure (fig. 7, 43 et 44). Les paléontologues utilisent ces moulages pour étudier et décrire les spécimens. À Vigny, ce sont ces phénomènes de dissolution qui dominent, résultat d'un lessivage intense. Il y a eu relativement peu de recristallisations : le calcaire des coquilles dissoutes fut évacué au loin, dans les eaux courantes ou souterraines (aquifères) où il a poursuivi son histoire.

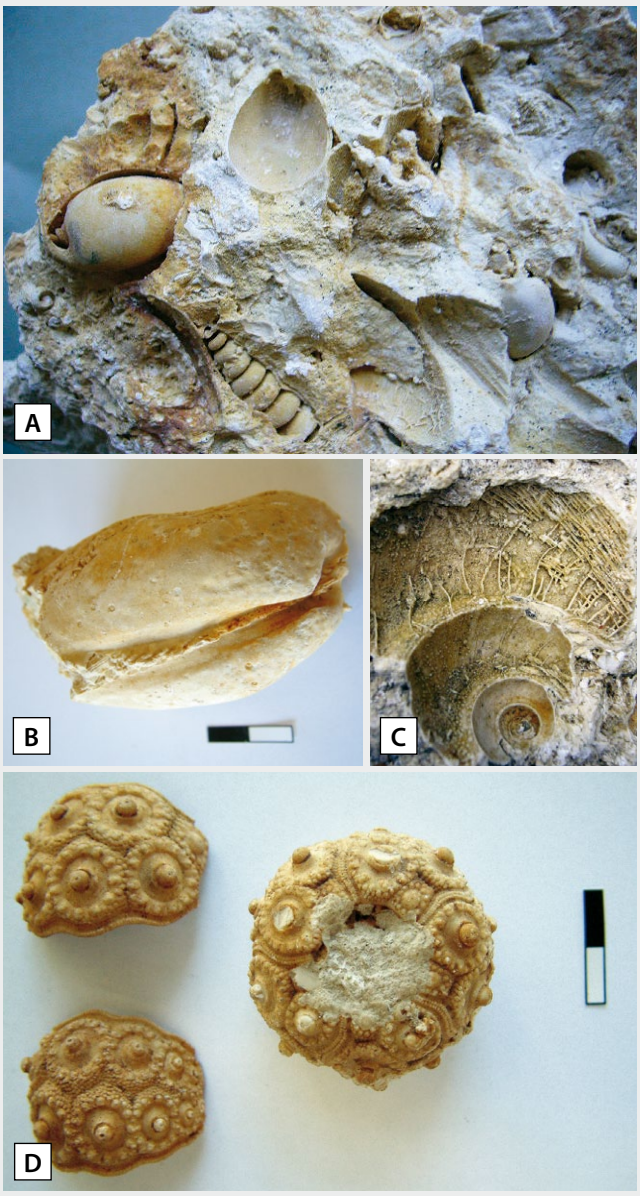


Fig. 44. Exemples de fossiles de Vigny

A. Calcaire à mollusques conservés à l'état de moule.

B. Moule interne de bivalve (*Arcidae*, proche des *Arca* ; env. 6 cm de long). Les deux valves restées en connexion, longtemps après la mort de l'animal (de petits serpulidés se sont développés post-mortem sur la face intérieure des coquilles), suggèrent un milieu aux eaux peu agitées au sein du récif.

C. Moule externe de gastéropode avec moulage préservé des perforations de la coquille (cf. fig. 43C ; hauteur de la spire, env. 5 cm).

D. Le *Cidaris* de Vigny, à très gros radioles ou piquants, était un oursin de fond rocheux – par exemple de récif. Les tests d'oursin, initialement en calcite magnésienne, sont parmi les rares éléments à résister à la dissolution (à droite, diamètre 5 cm env.).

Fig. 45. Pendage du flanc NE de l'anticlinal de Vigny observé dans la craie à Hodent, près de Magny-en-Vexin ; voir fig. 3 et 53). En général, dans le bassin de Paris, les plis, qui peuvent être de grande dimension, ont des pendages peu accentués.

2. Déformation des roches : la tectonique

Les roches soumises à de fortes contraintes peuvent se déformer, de manière souple en formant des plis, ou de manière cassante par le jeu de failles. La tectonique étudie la géométrie et le mode de formation de ces structures. Bien que le bassin de Paris montre peu de déformations de ce type, le secteur de Vigny en offre quelques exemples exceptionnels (fig. 3, 12 ,13 et 47).

Pli anticlinal

Dans le paysage, on peut discerner le grand pli anticlinal de Vigny (fig. 3, 45 et 53), allongé Nord-Ouest/Sud-Est, comme la plupart des structures du bassin parisien. Crevé par l'érosion, ce pli donne lieu à une inversion de relief, son dôme apparaissant comme une dépression. Peu accusé en surface (fig. 45), l'anticlinal est plus marqué en profondeur. Sur une partie de son tracé, près de Saint-Clair-sur-Epte, il prend un intérêt économique et industriel. Au voisinage de l'Epte (fig. 3), la « cloche » anticlinale profonde est utilisée comme réservoir, dans des niveaux poreux du Jurassique, pour le stockage du gaz distribué dans une partie du bassin parisien [17].

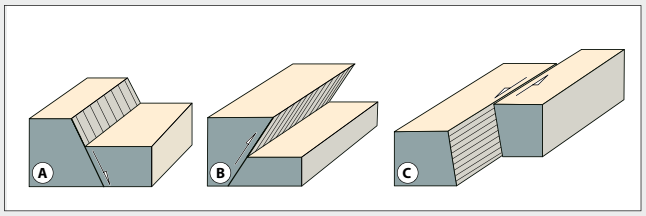


Fig. 46. Schéma montrant les différents types de failles, selon leur mode de déplacement : en jeu normal (A), inverse (B) ou décrochant (C). Les failles de Vigny sont essentiellement à jeu normal.

Failles

La faille de Banthelu, qui traverse le Vexin en longeant l'anticlinal de Vigny sur son flanc sud-ouest (fig. 3), affecte aussi les vieux terrains du socle hercynien. Elle a été reconnue sur plus de 1600 mètres de profondeur.

Fig. 47. Réseaux de fissures verticales de la craie, remplies de sédiment calcaire à algues

A. Les fissures (env. 0,50 m de profondeur) ont subi une dissolution qui en a émoussé localement les bords (photo A.-F. de Lapparent, 1949).

B. Les fissures rectilignes, rapprochées et de même orientation (profondeur métrique), ont délimité de fines lanières de craie. Elles ont été remplies peu après leur formation ou, plus vraisemblablement, à mesure qu'elles se formaient, en liaison avec le jeu des failles (photo A.-F. de Lapparent, 1939).

Les failles des carrières de Vigny ont été induites par le jeu de ce grand accident au cours du Danien. Globalement, le site de Vigny correspond à un fossé ou graben de calcaires daniens qui ont été mis en contact avec la craie campanienne (fig. 11 et 53), par des failles, au Nord comme au Sud, suivant une direction générale Ouest-Nord-Ouest/Est-Sud-Est.

L'intérêt majeur du site tient au fait que ces failles ont justement joué pendant la sédimentation danienne.

Le motif tectonique « en marches d'escalier », bien exposé sur le flanc nord, correspond en fait à un grand accident décomposé en plusieurs lanières, plus ou moins continues (fig. 11 et 14). Les striations observées sur les plans de failles permettent de déterminer la manière dont elles ont joué (fig. 13A et 46) : il s'agit ici d'un effondrement par une succession de failles dites normales. Les sites G4 et G7 offrent l'occasion rare d'observer des failles scellées par des dépôts postérieurs (de peu) à leur jeu.

Tectonique et sédimentation

La visite des différents sites a montré combien la sédimentation est tributaire, directement ou indirectement, des mouvements tectoniques et des structures qu'ils engendrent. C'est ici surtout le rôle des paléo-escarpements et des phénomènes qu'ils induisent : courants sous-marins en pied d'escarpements, déstabilisation et production d'écoulements gravitaires, etc. Les crêtes de paléo-escarpements montrent souvent des morphologies particulières scellées par le sédiment calcaire à algues. Les plus spectaculaires sont de profondes fissures (fig. 14 et 47), plus ou moins élargies par la dissolution aérienne ou sous-marine, qui leur donne un aspect karstique (fig. 47A), ou à bords vifs (fig. 47B). Dans ce dernier cas, il s'agit de fentes ouvertes d'origine tectonique, directement induites par le jeu des failles et rapidement enfouies dans le sédiment, avant que leur fragile architecture ait été érodée ou brisée. Ainsi, c'est une sorte d'instantané de l'activité tectonique danienne qui se trouve fossilisée.

3. À propos des climats anciens

Les récifs coralliens à madrépores sont de bons « marqueurs » climatiques, sensibles non seulement à la température, mais aussi à la qualité des eaux (clarté, salinité, oxygénation, etc.). De nos jours, les constructions à madrépores sont assez étroitement contenues dans la zone inter-tropicale et débordent peu les limites des tropiques Nord et Sud (fig. 48). Durant le Jurassique, les récifs de l'Yonne se situaient vers 25° de latitude Nord, c'est-à-dire un peu au nord du Tropique du Cancer. Les récifs daniens du bassin parisien se sont, eux, développés très au nord du Tropique, autour de 40° Nord – ce qui correspond aujourd'hui à la latitude des Baléares (l'Île-de-France est actuellement vers 49° Nord).

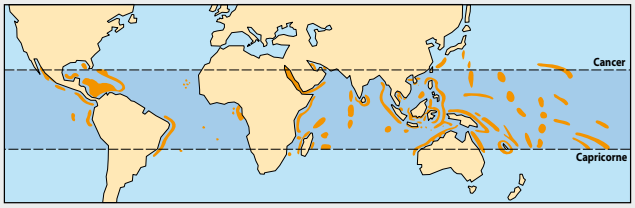


Fig. 48. Développement des récifs coralliens actuels (en orange) dans la zone intertropicale.

Un environnement à caractère tropical affirmé par sa flore et sa faune marines s'est donc développé au tout début du Tertiaire, très au nord de la zone climatique tropicale. Les gradients de températures étaient donc alors différents de ce qu'ils sont aujourd'hui, ce qui semble avoir été souvent le cas au cours des temps géologiques.

On peut ajouter que les flores et faunes du Lutétien parisien (vers – 45 m.a.), tant marines que continentales, avaient aussi un caractère chaud, tropical. Pourtant, les récifs à madrépores n'y ont pas proliféré à nouveau. La raison en est peut-être que le golfe parisien, alors tourné vers la mer du Nord, ne pouvait plus être ensemencé en larves de madrépores. De même, aujourd'hui, les eaux tièdes des côtes de Gaza ou de Jaffa en Méditerranée ne sont pas très éloignées des récifs du golfe d'Aqaba (fig. 48). Pourtant, elles sont coupées de tout ensemencement permettant un développement corallien.

Fig. 49. Les lobes de solifluxion quaternaire de Vigny (G8). La craie ayant subi le gel quaternaire est fragmentée en blocs de plus en plus petits vers le haut, sous l'effet de la cryoclastie (cf. fig. 32).

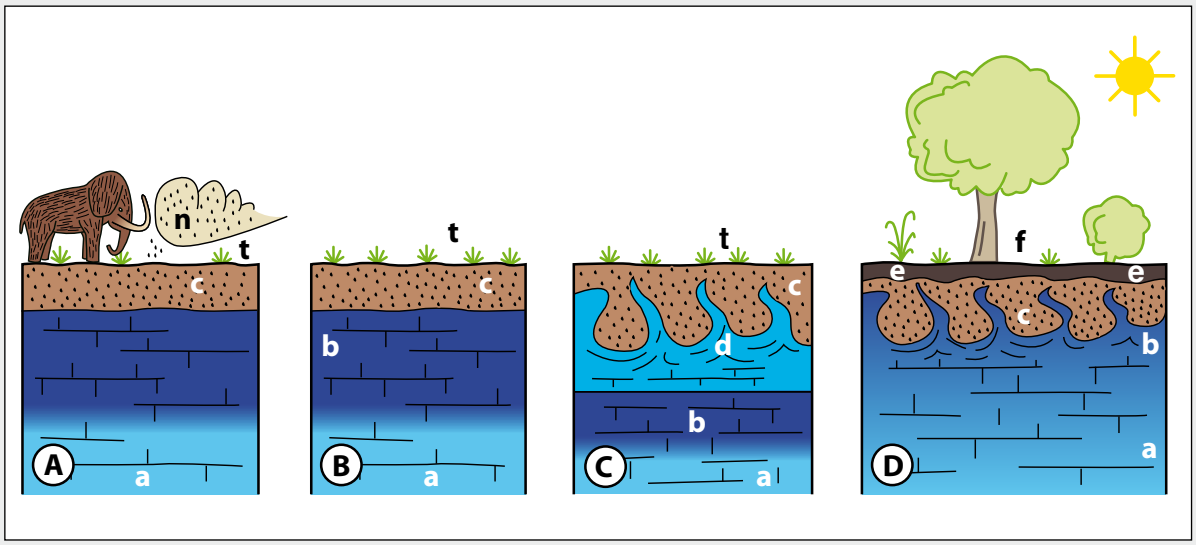


Fig. 50. Représentation de l'évolution de l'environnement périglaciaire quaternaire

A. Cadre général d'une période glaciaire : a. sous-sol de craie gelé (bleu foncé) ; n. nuage de poussières éoliennes donnant les dépôts de loess ; c. dépôt dit « limon des plateaux », formé de loess plus ou moins remanié par les ruissellements superficiels ; t. sol à couvert végétal rare ou absent (toundra).

B. Période de gel glaciaire : sol (c) et partie du sous-sol (b) sont gelés en permanence sur plusieurs mètres de profondeur (permafrost).

C. Dégel périodique : le sol (c) et la partie dégelée du sous-sol (d) sont liquéfiés, d'autant que l'eau issue du dégel ne peut s'écouler vers la profondeur où le gel persiste (b). Le limon, plus dense, s'enfonce dans la craie ainsi liquéfiée (b), formant des lobes de solifluxion (voir fig. 49).

D. Période post-glaciaire : le dégel est complet ; les figures de solifluxion (c) sont fossilisées, scellées par le sol brun actuel (e), en relation avec un couvert végétal dense de région tempérée (f).

Au Quaternaire, jusqu'aux environs de – 15 000 ans, le bassin de Paris se trouvait cette fois, à plusieurs reprises, dans un environnement périglaciaire de toundra, le sol gelant sur plusieurs mètres en profondeur (pergélisol ou permafrost). Les alternances de gel et de dégel superficiel ont provoqué des déformations (cryoturbation = perturbation due au gel) de type solifluxion (fig. 1, 6, 32, 49 et 50), s'accompagnant souvent de fluages sur pentes (phénomènes de solifluxion).

Ces phénomènes péri-glaciaires ont beaucoup contribué à modeler le paysage actuel (voir par exemple les boucles de la Seine vers La Roche-Guyon).

4. Les temps géologiques et leur enregistrement par les dépôts

Les temps géologiques (environ 540 m.a. depuis le début de l'ère primaire) sont découpés en tranches dont les intervalles les plus couramment employés sont les étages géologiques. Ces derniers sont représentés par un ensemble de couches et leur contenu paléontologique (fossiles de milieu marin) choisi en un lieu précis de référence dit stratotype. Les couches de celui-ci doivent être encadrées par celles des étages sous- et sus-jacents. Elles sont la référence pour désigner un intervalle donné des temps géologiques : par exemple, le Campanien, le Lutétien ou… le Danien.

Les progrès de la paléontologie, et surtout de la micropaléontologie qui étudie les organismes unicellulaires à coquille minéralisée (foraminifères, coccolithophoridés, radiolaires, etc.), les spores et pollens ou les ostracodes, ont permis de dresser des échelles biostratigraphiques, basées sur l'extension dans le temps (apparition, disparition, durée d'existence) des espèces fossiles successives (fig. 51). Ces méthodes ont beaucoup bénéficié de leur utilisation pour la datation des terrains traversés par les forages pétroliers.

Avec le développement des méthodes radiométriques basées sur la désintégration de certains isotopes radioactifs contenus dans les roches, on peut maintenant quantifier ces intervalles de temps, en millions d'années. Par exemple, l'intervalle du Campanien se place entre – 83 et – 72 m.a. et le Lutétien entre – 46 et – 40 m.a.

L'Échelle stratigraphique moderne

On a d'abord découpé toute la durée des temps géologiques en tranches, les étages géologiques, reconnus et utilisés, en principe, au niveau international. Leur contenu paléontologique a été précisé. Certains groupes fossiles largement répandus, par exemple les organismes planctoniques ou nageurs, ont permis d'établir des échelles biostratigraphiques (trilobites, ammonites, certains nautiles (voir plus haut), foraminifères planctoniques, coccolithophoridés, etc.) permettant à la fois d'identifier le même étage dans des régions éloignées les unes des autres par corrélations et de faire des découpages plus fins à l'intérieur d'un étage à l'échelle d'une biozone. La biozone correspond à la durée de vie d'une espèce, d'une association d'espèces ou durée séparant l'apparition successive de deux espèces. Dans certains cas, les biozones offrent des possibilités de découpages plus fins que le million d'années (fig. 51).

Les datations radiométriques permettent de quantifier les intervalles en question.

D'autres éléments chronologiques sont maintenant utilisés en complément des précédents : les inversions périodiques du champ magnétique terrestre (magnétostratigraphie), alternativement « normal », comme aujourd'hui, ou « inverse » avec permutation des pôles magnétiques Nord et Sud. On utilise aussi les fluctuations constantes du niveau des mers, déterminant une suite de séquences transgressives et régressives passant par des phases d'élévation ou d'abaissement maxima du niveau des mers (fig. 51). Les variations de teneur en certains isotopes, dans les eaux marines et dans les coquilles d'organismes qui y puisent ces isotopes (en particulier les isotopes de l'oxygène ^{16}O - ^{18}O), donnent des éléments pour l'établissement d'une chrono-stratigraphie isotopique. La figue 51 donne un exemple de ces combinaisons chronologiques périodiquement révisées et précisées.

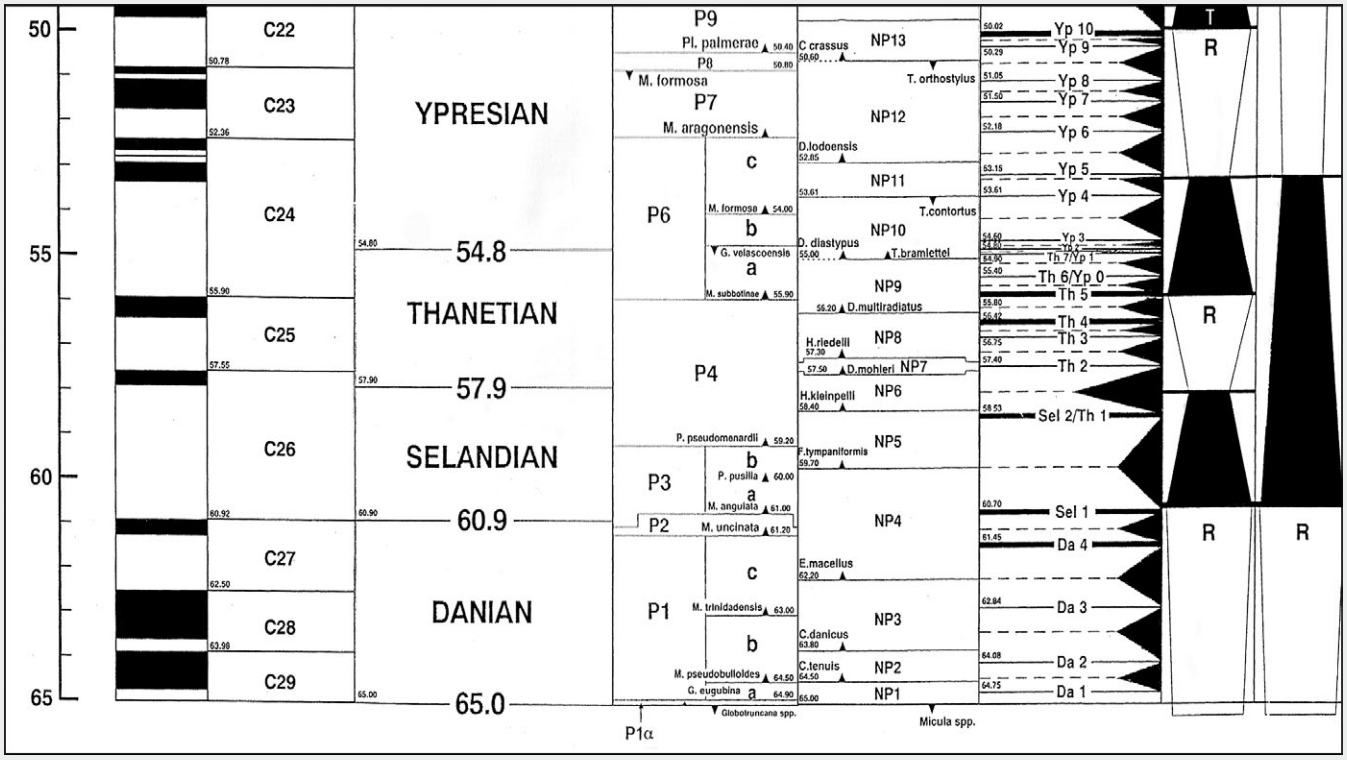


Fig. 51. Exemple de charte chronostratigraphique récente, figurant les différentes échelles chronologiques utilisées conjointement

(P. C. de Graciansky et al., « Mesozoic and Cenozoic Sequence Chronostratigraphic Framework of European Basins », *SEPM Special Publication Series*, n° 60, 1998)

De gauche à droite

1. Les âges en m.a.
2. Inversions magnétiques : 6 au cours du Danien, soit plus d'une par m.a. (blanc = inverse ; noir = normal, identique à l'actuel).
3. Succession des chronozones magnétiques ; chronozones C29 à C27 pour le Danien ; étages et limites en m.a.
4. Biostratigraphie (barre avec pointe vers le haut = apparition d'espèce ; pointe vers le bas = disparition) :
   – biozones de foraminifères planctoniques P1, P2, etc. (Danien P1α à P2) ; voir, à la base du tableau, l'extinction générale d' un groupe de planctoniques, les Globotruncana, à la fin du Crétacé ;
   – biozones de coccolithes NP1 à NP4, généralement plus fines que celles des foraminifères planctoniques.
5. Séquences de dépôts : pulsations marines avec des pics de maximum d'inondation, à l'image d'une succession de marées à l'échelle des temps géologiques ; la longueur du triangle est proportionnelle à l'ampleur de l'extension marine.
6. Cycles de transgression (T)/régression (R). Il y a 3 pulsations mineures dans le Danien, à l'intérieur d'un grand épisode globalement régressif.

NB. L'échelle stratigraphique adoptée à la figure 4 (p. 6) ne mentionne pas l'étage Sélandien, considéré comme à peu près équivalent au Thanétien.

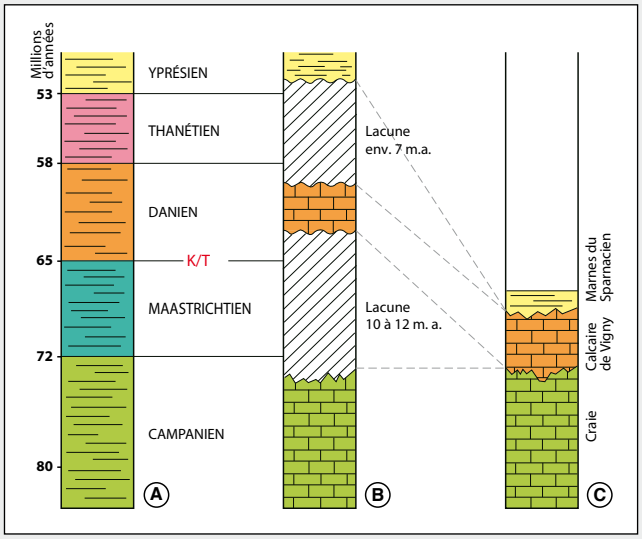


Fig. 52. Schéma montrant l'importance des lacunes (B) et le caractère discontinu de la sédimentation (C) en regard du déroulement des temps géologiques. La sédimentation continue (A) avec enregistrement de l'événement K/T correspond à la situation observée dans le Danien du Danemark.

Cependant, les couches observées sur le terrain ne correspondent pas à un enregistrement régulier et continu des temps géologiques, à la manière du sable qui s'écoule dans le sablier. Ainsi, pour la région qui nous occupe, les couches qui se succèdent du Campanien au Cuisien ont enregistré à peine la moitié du temps qui s'est écoulé dans cet intervalle. Il y a au moins autant, sinon davantage, de «vides», lacunes de dépôt et phases d'érosion, que de durées physiquement représentées par des sédiments (fig. 52).

5. Terrains et paysages

Les relations entre les terrains et le paysage ont déjà été évoquées à plusieurs reprises. L'ensemble des éléments résultant de cette lecture du paysage peut être résumé sur la figure 53.

- Le plateau du Vexin, armé par les calcaires lutétiens, forme le flanc nord-est, doucement incliné, de l'anticlinal de Vigny. La route de Rouen, comme la voie romaine avant elle, suivent strictement la direction Nord-Ouest/Sud-Est de l'anticlinal.
- Depuis le Bord-Haut jusqu'à Vigny, la route départementale à forte pente dévale toute l'épaisseur des calcaires lutétiens et des sables cuisiens.
- Vigny s'est installé, comme beaucoup de villages du Vexin, sur la ligne des sources qui sourdent au contact des sables poreux cuisiens et des marnes sparnaciennes imperméables (fig. 4 et 53). L'aubette de Meulan prend sa source au même niveau, plus au Nord-Ouest près de Cléry-en-Vexin, dans le bois départemental de Morval.
- Les calcaires de Vigny sont conservés dans un fossé d'effondrement, affleurant au cœur de la dépression issue de l'anticlinal crevé.
- Des reliefs discontinus, couverts de bois, formés dans les calcaires lutétiens, jalonnent le flanc sud-ouest faillé de l'anticlinal.

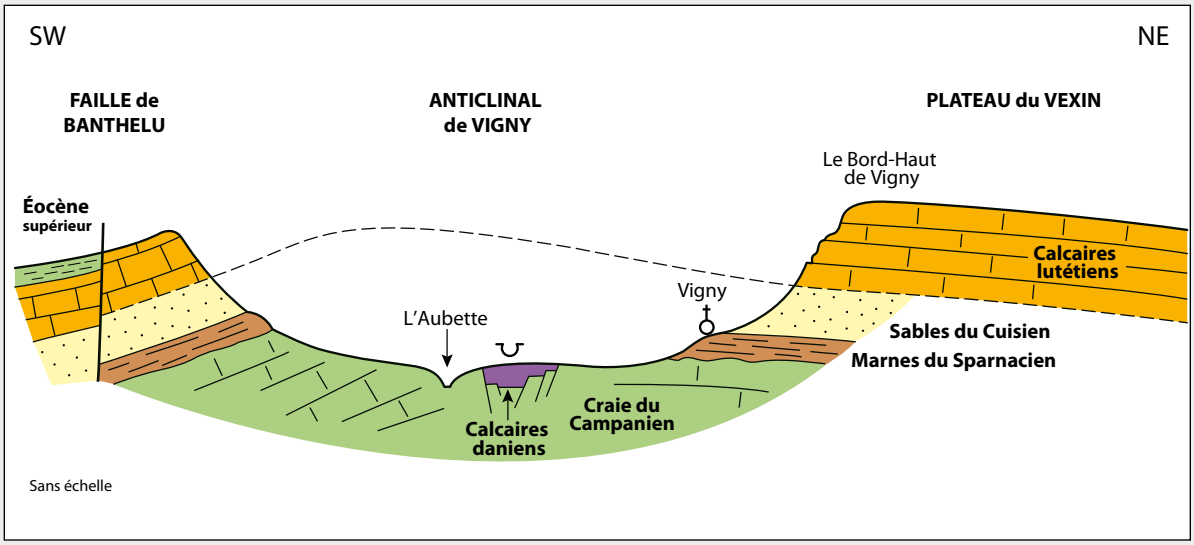


Fig. 53. Coupe géologique montrant les relations entre les terrains, les formes du paysage et le niveau de sources (Cuisien/Sparnacien) ayant guidé l'implantation des villages (voir fig. 4).

Le Danien du Danemark et la limite Crétacé-Tertiaire (K/T)

Le passage du Crétacé au Tertiaire est examiné avec une attention particulière car il est souligné par un certain nombre d'événements d'ampleur globale :

– du point de vue biologique, extinction massive de nombreux genres et espèces, animales et végétales, marines et continentales (ammonites, dinosaures, etc.) ;

– du point de vue climatique, il se traduit par l'enregistrement d'un épisode plus froid ;

– du point de vue eustatique (variation du niveau marin), il se caractérise par une régression marine et l'émersion de nombreuses régions jusqu'alors couvertes par des mers peu profondes ;

– du point de vue géochimique, large diffusion (probablement par voie aérienne), à l'échelle du globe, et pendant une courte période, d'éléments chimiques très particuliers, tel l'iridium, habituellement rarissimes ou absents dans les couches superficielles de l'écorce terrestre.

L'épisode à iridium n'a été enregistré que dans les bassins assez profonds pour que la sédimentation marine se soit maintenue, continue, à la limite K/T. Les explications possibles à l'introduction d'une quantité notable d'iridium dans l'atmosphère seraient soit la chute d'un météore de très grande taille, soit des émissions très abondantes de volcanisme basique (basaltes). Les avis sont partagés quant aux rôles respectifs de l'un ou l'autre phénomène à la limite K/T.

Le bassin de Paris était entièrement émergé à la fin du Crétacé : l'épisode à iridium n'y est nulle part enregistré (fig. 52); la mer danienne s'y est installée plus tardivement, formant un golfe assez peu étendu (fig. 8).

Il en va autrement au Danemark, où une mer relativement profonde s'est maintenue sans interruption pendant le Maastrichtien et le Danien (cf. fig. 52A). Les terrains visibles au Danemark sont illustrés sur les images suivantes (fig. 54).

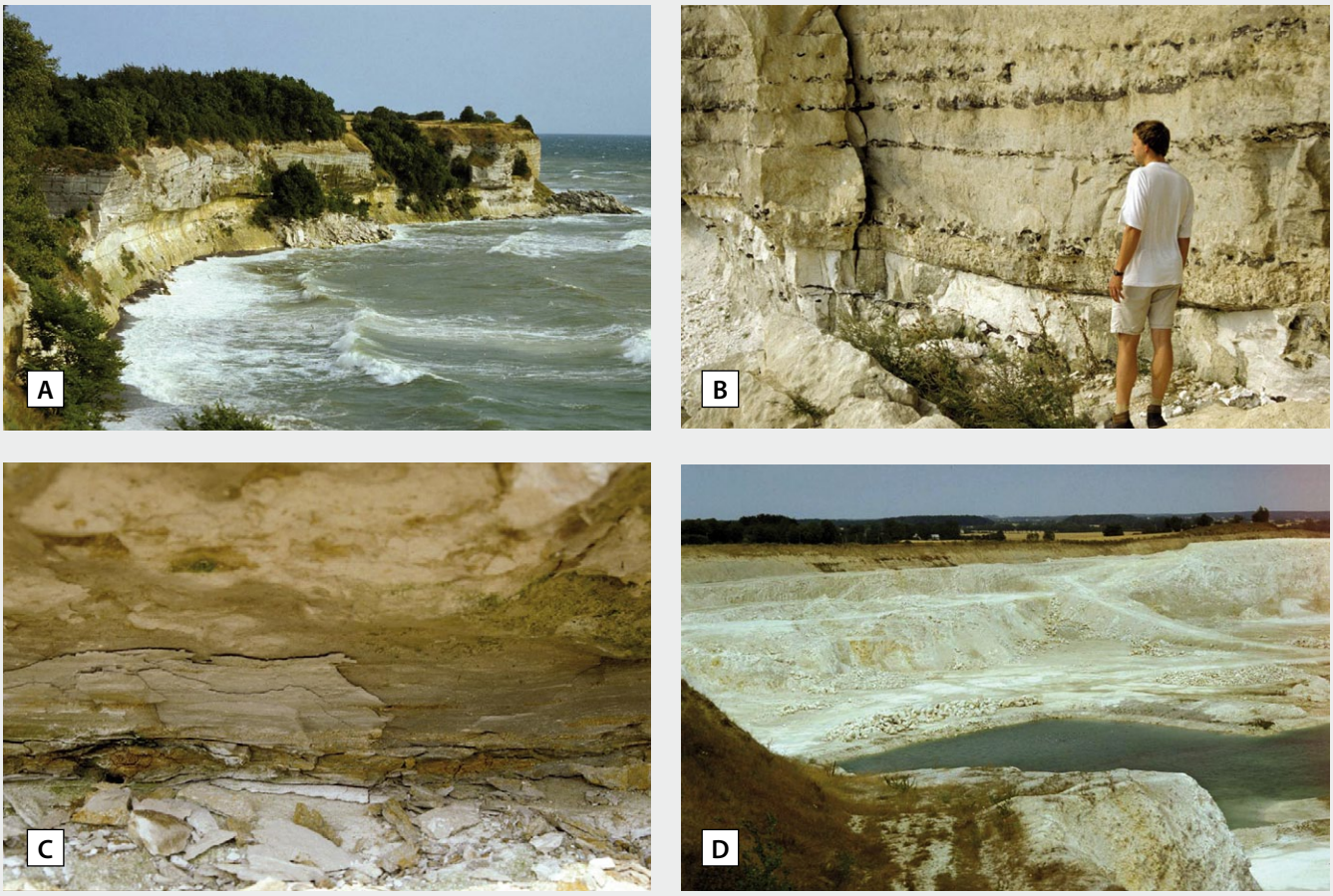


Fig. 54. Le passage du Maastrichtien au Danien au Danemark

A. Cap de Stevens Klint : passage du Maastrichtien (moitié inférieure) au Danien (calcaires plus résistants, moitié supérieure).

B. Cap Stevens Klint : la limite K/T est entre les calcaires crayeux blancs à silex (Maastrichtien) et les calcaires plus bioclastiques à lits de silex du Danien inférieur, au niveau de la main gauche du personnage.

C. Stevens Klint : limite K/T et épisode à iridium. Ce dernier se place dans un niveau plus sombre dont la fine lamination traduit un milieu de dépôt confiné, mal oxygéné.

D. Carrière de Fakse (Danemark) ouverte dans des dépôts du Danien inférieur riches en organismes caractéristiques d'un milieu marin assez profond (circalittoral) : bryozoaires, crustacés, hydrozoaires stylastéridés, nautiles, oursins, etc…

Fig. 55. Vue panoramique sur la carrière aménagée (sites G2 à G7), depuis l'observatoire.

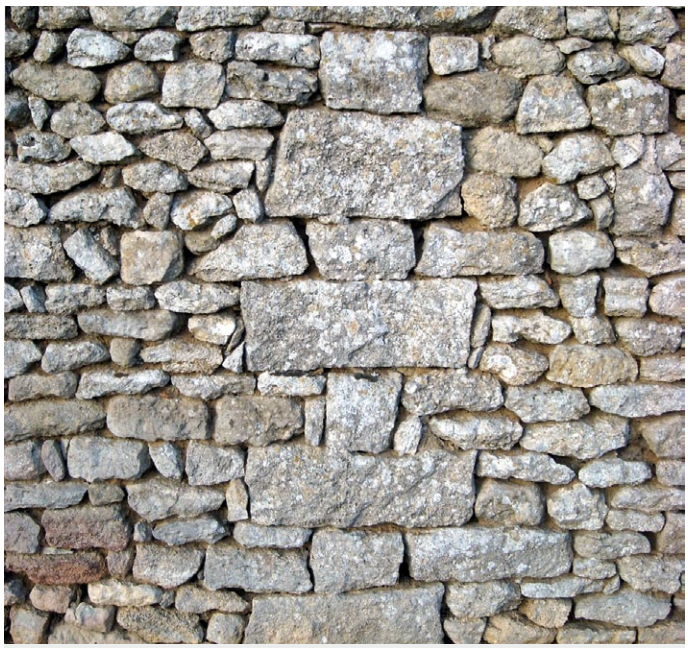


Fig. 56. Mur de clôture en pierres sèches à Vigny : les moellons et les pierres d'appareil grossièrement équarries utilisées pour le chaînage sont en calcaire à algues (quelques moellons sont en calcaire récifal).

6. L'exploitation des carrières de Vigny

L'histoire des carrières, étalée sur une longue période, reste mal connue.

La carte géologique de « Pontoise », au 1/50 000e, indique une extension des affleurements daniens et la présence d'une carrière, à l'ouest de l'Aubette et de la route départementale de Vigny à Longuesse [7]; on n'y trouve aujourd'hui que des débris de calcaire récifal et du calcaire à algues. En fait, la quasi totalité de l'affleurement a disparu, de même que la carrière. Les traces atténuées de cette ancienne extraction, qui devait exister dans le courant du XIXe, subsistent dans le paysage, marquées par une forte pente dans les terres cultivées.

Des documents issus des archives départementales attestent l'existence des carrières de Vigny à partir de 1818.

Pour tenter de rejoindre un plus lointain passé, il faut s'intéresser à l'âge des constructions bâties avec des matériaux du Danien, nombreuses à Vigny comme à Longuesse. Jusqu'à présent, aucun édifice médiéval (église de Longuesse) n'a montré l'emploi du calcaire danien. Les constructions de la fin du XVe et du début du XVIe telles que le château de Vigny dans sa partie ancienne, et le petit manoir qui lui est proche, sont bâties entièrement en calcaire lutétien du Vexin. Une indécision subsiste néanmoins quant à l'âge de la Fontaine d'Amboise attenante au château, place de l'église à Vigny. Ce petit édifice (XVIe ou XVIIe siècle ?) montre de belles colonnes en craie de Vernon, matériau qui n'est plus guère utilisé dans le Vexin après la Renaissance. Son mur circulaire utilise concurremment la

Fig. 57A. Le château de Vigny, reconstruit vers la fin du XIXe siècle. Le calcaire de Vigny (en blanc) est utilisé en pierres d'appareil pour les parties basses de l'édifice.

57B. Calcaire à algues en très grand appareil, avec strates obliques, dans le soubassement de l'église de Vigny (fin XIXe).

pierre d'appareil en Lutétien et en calcaire à algues. Néanmoins, ce dernier matériau a pu être introduit lors de travaux de restauration ultérieurs. L'Orangerie du château (XVIIe ou début du XVIIIe) est bâtie tout entière en calcaire à milioles du Lutétien. Le portail d'un bâtiment de la ferme du château, qui fait un large usage du calcaire danien (pierres d'appareil et moellons), conjointement avec le calcaire à milioles, porte l'inscription suivante : « GABRIEL VALENTIN DE VICQUE EN 1769 ». L'emploi du calcaire à algues au XVIIIe siècle est donc ici avéré. Il semble avoir été largement utilisé dès cette époque, à Vigny comme à Longuesse, en moellons et en pierres d'appareil (moyen et grand appareil), en pierres sèches ou liées au mortier (fig. 56). Les pierres d'appareil, par exemple de dimensions 80 x 40 x 40 cm, ont été utilisées en chaînes d'angle et chaînes verticales pour le renforcement des murs, en soubassement et pour les ouvertures.

Dans la seconde moitié du XIXe et au début du XXe siècle, plusieurs constructions de grande envergure ont fait largement appel au calcaire des carrières du bois des Roches.

Le château de Vigny, qui menaçait ruine, fut racheté en 1867 par le comte Vitali. Il fut restauré et, pour une large part, reconstruit – notamment toute sa partie est et nord et la chapelle – en utilisant le calcaire danien pour les soubassements et les murs donnant sur les douves (fig. 57A). Les bâtiments des communs, dont une grande maison à colombages datée de 1905 et ses dépendances, les serres, les murs de clôtures, etc., font usage du même calcaire (surtout pour les soubassements et les chaînages). Sa mise en œuvre s'est faite, en petit, moyen et grand appareil ainsi qu'en moellons.

L'église de Vigny, rebâtie en 1894 dans un style néogothique, utilise les calcaires du Danien et du Lutétien. Son soubassement montre des appareils de grande taille de calcaire à algues avec strates obliques, soigneusement bouchardés, les blocs atteignant 180 x 150 x 70 cm, soit près de 2 m^3 (fig. 57B).

Une part importante de la production des carrières a dû alors être absorbée par ces constructions. D'autant que la préparation des pierres d'appareil occupait, sur une longue durée, une main-d'œuvre spécialisée. Au début du XXe siècle, les exploitations auraient employé jusqu'à une cinquantaine d'ouvriers carriers. Les photographies des carrières datant de cette période montrent un site d'extraction bien ordonné pour dresser des pierres de grand appareil sur d'épais « matelas » constitués de petits débris de taille des blocs (fig. 5). Dans les années 1930, une grande partie du calcaire à algues avait déjà été extraite. Le façonnage des pierres d'appareil cessa et l'on produisit seulement des moellons (voir l'état des carrières sur les fig. 1, 5, 6 et 22). Le calcaire à algues fut alors maçonné en gros blocs polygonaux, comme la meulière (fig. 58).

Si le calcaire à algues fut le matériau « noble », le calcaire récifal rencontré occasionnellement au cours de l'exploitation (à l'état de blocs glissés) ne se retrouve que très ponctuellement dans les constructions, en moellons de modestes dimensions.

Enfin, il est possible que la craie fluée qui recouvre largement le calcaire à algues (fig. 1) ait été récupérée, utilisée pour l'amendement des terres, la production de chaux, ou encore de « Blanc d'Espagne » ou « Blanc de Meudon », entrant dans la fabrication de différents composés (peinture, mastic, produit nettoyant). Cette utilisation pourrait expliquer l'usage du four en moellons et briques encore visible sur le site de la carrière (G10).

Fig. 58. Notre-Dame-de-la-Garde, au-dessus d'Étretat. Détruite au cours de la dernière guerre, elle fut reconstruite en 1950 en blocs polygonaux de calcaire à algues.

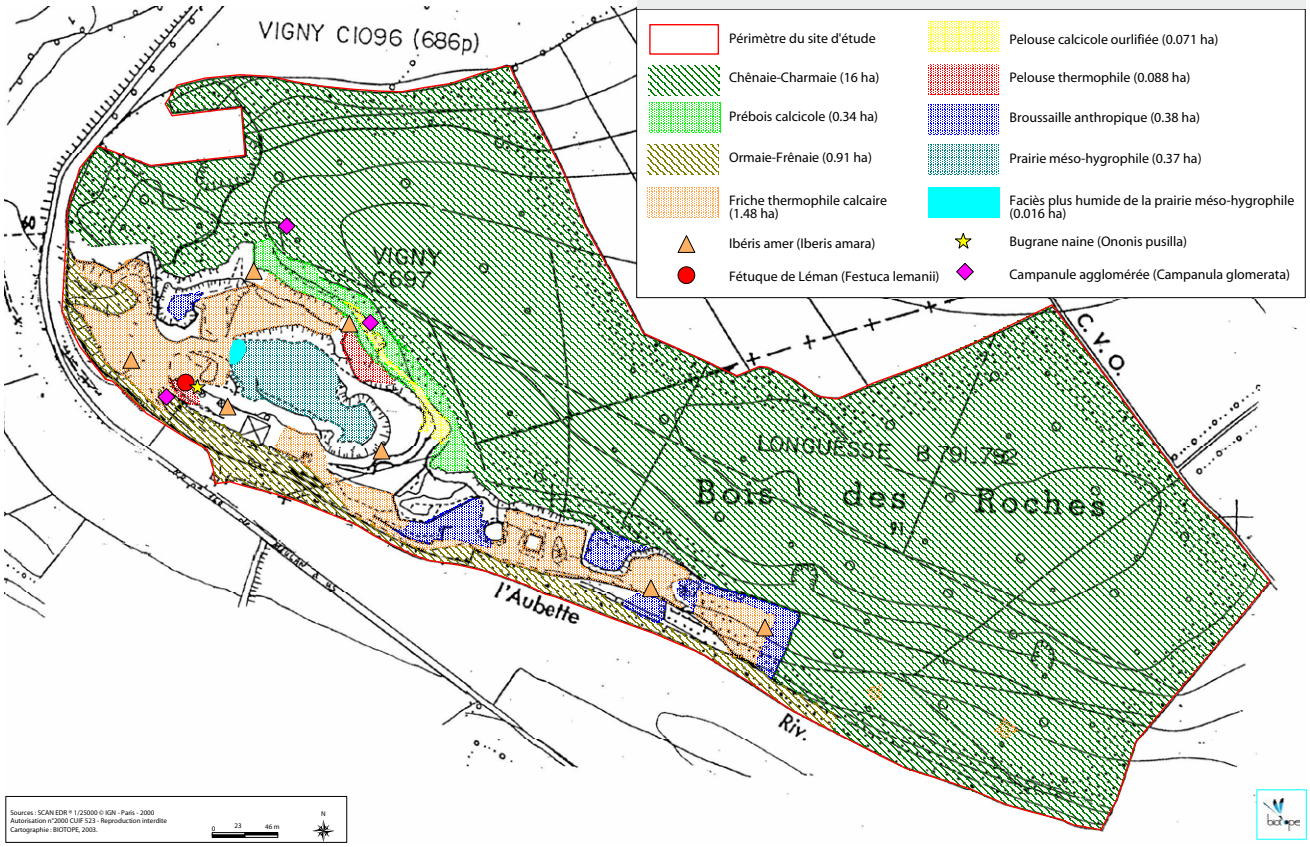
Milieux naturels, faune et flore actuels de la carrière de Vigny

Pourquoi faut-il préserver la biodiversité* ?

Du fait du développement des activités économiques et des modifications intervenues dans la gestion des territoires depuis 50 ans, le rythme d'extinction des espèces est actuellement plus de 1 000 fois supérieur à ce qu'il devrait être naturellement. Les experts estiment qu'entre 5 et 15 % des espèces s'éteindront irréversiblement d'ici 2020. À côté des menaces pesant sur des espèces emblématiques comme l'Ours polaire, de nombreuses espèces de plantes et d'animaux encore abondants il n'y a pas si longtemps et qui nous semblaient familières régressent, comme l'hirondelle de fenêtre, le grillon des champs ou le bleuet. Et s'il nous faut protéger toute cette diversité d'espèces, ce n'est pas simplement parce qu'elle égaye nos jardins ; les espèces sauvages constituent des communautés très organisées, les écosystèmes, qui agissent sur le milieu physique et le milieu humain. Ils jouent un rôle fonctionnel, participant à la gestion et à la production des territoires. La biodiversité est avant tout une alliée qui nous aide à gérer notre espace. En la protégeant, c'est nous et nos enfants que nous protégeons.

La carrière de Vigny fait partie de l'inventaire national des zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique (Znieff). Au-delà de son intérêt géologique majeur, le site abrite aussi une faune et une flore remarquables pour la région et possède un potentiel prometteur : sa gestion écologique et l'implantation d'aménagements appropriés devraient renforcer encore la biodiversité* (flore, insectes, chauves-souris, amphibiens, oiseaux nicheurs…).

Fig. A. Habitats naturels et espèces végétales remarquables



* Les astérisques renvoient au glossaire p. 43.

Fig. B. Pelouse calcicole

Les habitats naturels

Huit « milieux naturels » ou « habitats » ont été recensés (voir la carte des habitats naturels – figure A).

Parmi ceux-ci, trois peuvent être rattachés aux pelouses calcicoles* (figure B, page suivante) à différents stades de dynamique végétale (friches, pelouses, pré-bois). Ces milieux présentent un intérêt patrimonial et nécessitent une gestion conservatoire.

Les autres milieux sont plutôt de type forestier (chênaie-charmaie, ormaie-frênaie) et prairial pour la partie centrale de la carrière, avec un secteur plus humide (prairie méso-hygrophile*) qui vient diversifier ces habitats.

Détails des habitats rencontrés

Végétation des friches thermophiles* calcaires

Cette formation est la plus représentée sur le site de la carrière (6 hectares). Elle se rencontre sur tous les sols remaniés et compactés du site. La végétation est assez ouverte, rase sur le sol avec quelques espèces plus hautes. Les plantes annuelles et bisannuelles rudérales* sont très présentes : le picris fausse épervière (*Picris echioides*) ou le picris fausse vipérine (*Picris hieracioides*), la carline vulgaire (*Carlina vulgaris*), la vipérine (*Echium vulgaris*), la carotte sauvage (*Daucus carota*), la vesce en épi (*Vicia cracca*) ou encore le peu commun calament acinos (*Acinos arvensis*). On rencontre localement dans cette formation la campanule agglomérée (*Campanula glomerata*), rare en Île-de-France, et l'iberis amer (*Iberis amara*), considéré comme assez rare à l'échelle régionale. En l'absence de perturbation, cette formation évoluera probablement vers une chênaie-frênaie.

Végétation des pelouses thermophiles

Ce type de pelouse n'existe que par petites taches localisées. La végétation est ouverte, dominée par de petites espèces annuelles ou de petites plantes cespiteuses. On rencontre ainsi quelques plantes assez rares comme l'ibéris amer (*Iberis amara*), ou considérées comme assez communes comme le catapode rigide (*Catapodium rigidum*) ou l'hélianthème jaune (*Helianthemum nummularium*). Les mousses et quelques lichens sont abondants dans ce type de formation. Localement, l'épervière piloselle (*Hieracium pilosella*) peut dominer et exclure les autres espèces. Une autre pelouse, légèrement différente, est caractérisée par la présence de la fétuque de Léman (*Festuca lemanii*) et du brome dressé (*Bromus erectus*). Cette pelouse occupe une petite surface sur le côté droit du chemin menant à l'observatoire géologique, au pied du local technique. La campanule agglomérée (*Campanula glomerata*) et la bugrane naine (*Ononis pusilla*), espèces rares en Île-de-France, sont bien présentes dans cette pelouse.

Végétation des pelouses calcicoles* ourlifiées*

La végétation de cette formation est très différente des formations précédentes. Une haute graminée, le brachypode penné (*Brachypodium pinnatum*), domine cette formation et tend à appauvrir le milieu. Actuellement, ce type de pelouse est relictuelle sur le site (localisée au sommet du front de taille et au sein d'un chemin entretenu par la fauche sur le haut de la carrière). La dynamique de cette pelouse est au boisement : prunellier, rosier des chiens et aubépine à un style s'installent dans cette pelouse, et la gestion mise en place, avec pâturage extensif, vise au maintien de ce milieu, où l'on rencontre plusieurs espèces d'orchidées.

Végétation des prairies mésohygrophiles*

Ce type de formation se rencontre dans la partie centrale de la carrière. Elle semble avoir succédé aux friches des terrains remaniés. Les graminées sont devenues dominantes et tendent à supplanter les autres espèces. Ainsi, le fromental (*Arrhenatherum elatius*) et la fétuque faux roseau (*Festuca arundinacea*) dominent la partie la plus sèche de cette formation, et l'agrostis commun (*Agrostis stolonifera*) la partie la plus humide. Les espèces des friches thermophiles sont tout de même encore bien présentes.

Végétation du manteau pré-forestier calcicole*

Ce type de formation réalise la transition entre la chênaie-charmaie du plateau et les pelouses calcicoles relictuelles du site. Ces pelouses ont été

peu à peu colonisées par des ligneux, évoluant ainsi vers un prébois calcicole. Cette formation est dominée par des arbustes et des arbres tels le camérisier (*Lonicera xylosteum*), la viorne lantane (*Viburnum lantana*), le chêne pubescent (*Quercus humilis subsp. lanuginosa*) et de plus en plus par le cytise faux ébénier (*Laburnum anagyroides*), qui domine une strate herbacée à brachypode penné (*Brachypodium pinnatum*).

Les fourrés anthropiques*

Cette formation est assez présente dans le site. Elle colonise les zones les plus riches en matière organique (notamment les « remblais de sécurisation », mis en place à la fin de l'exploitation de la carrière), et supplante les pelouses et friches pionnières. La végétation y est dense et repoussante : ronces, clématite (*Clematis vitalba*), aubépine et prunellier s'enchevêtrent et empêchent toute pénétration. Les autres espèces présentes sont typiques des sols riches en azote : ortie (*Urtica dioica*), cirses (*Cirsium vulgare* et *Cirsium arvense*), consoude (*Symphytum officinale*), eupatoire chanvrine (*Eupatorium cannabinum*).

L'ormaie-frênaie

Il s'agit d'un boisement dégradé qui ceinture toute la partie sud du site de Vigny en longeant la rivière Aubette. Le frêne (*Fraxinus excelsior*) et l'orme (*Ulmus minor*) dominent la strate arborée, accompagnés par l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*). La strate herbacée est assez dense et essentiellement constituée de plantes nitrophiles* identiques à celles que l'on rencontre dans les fourrés anthropiques : lierre terrestre (*Glechoma hederacea*), morelle douce amère (*Solanum dulcamara*), alliaire officinale (*Alliaria petiolata*), ortie, lamier blanc (*Lamium album*)…

La chênaie-charmaie

Ce boisement couvre tout le sommet de la carrière et occupe aussi le bois des Roches. La strate arborée est dominée par le chêne rouvre (*Quercus robur*) et le charme (*Carpinus betulus*), et localement du frêne et de l'érable sycomore. On retrouve en strate arbustive le coudrier (*Corylus avellana*), le sureau (*Sambucus nigra*), l'aubépine à un style ou encore le fusain d'Europe (*Evonymus europaeus*). Le sous-bois est composé par des espèces typiquement calcicoles telles que le daphné lauréole (*Daphne laureola*), la mercuriale pérenne (*Mercurialis perennis*) ou encore l'hellébore fétide (*Helleborus foetidus*). Dans la partie nord de cette formation, le chêne est quasiment exclusif de la strate arborée, ce qui contraste assez fortement avec la partie ouest de ce boisement, à strate arborée plus diversifiée. À noter, de part et d'autre de l'allée centrale du bois, quelques beaux hêtres remarquables (*Fagus sylvatica*), en cours de dépérissement, qui ont dû être plantés à l'époque où le site était inclus dans le domaine du château de Vigny.

La flore

En tout, plus de 330 espèces végétales ont été recensées sur le site. L'ancienne carrière et le bois présentent

Fig. C. Campanule agglomérée

Fig. D. Ibéris amer

Fig. E. Bugrane naine

une richesse floristique liée principalement à la présence d'espèces végétales rares au niveau régional.

Sept espèces végétales «rares» ont été notées: citons en particulier la campanule agglomérée (*Campanula glomerata*), l'ibéris amer (*Iberis amara*) ou la bugrane naine (*Ononis pusilla*) (figures C, D et E).

Plusieurs espèces d'orchidées des milieux ouverts sont présentes: l'ophrys abeille (*Ophrys apifera,* figures F), l'ophrys mouche (*Ophrys insectifera*), l'orchis pourpre (*Orchis purpurea*), l'orchis verdâtre (*Plathantera chlorantha*), l'orchis pyramidal (*Anacamptis pyramidalis*), l'orchis bouc (*Himantoglossum hircinum*), et la listère à feuilles ovales (*Listera ovata*).

Fig. F1. Ophrys apifera

Fig. F2. Anacamptis pyramidalis

Il faut aussi remarquer la présence de vieux hêtres dans le bois des Roches. Ces arbres sont intéressants à la fois pour leur port majestueux et leur rôle écologique puisqu'ils sont utilisés notamment par les insectes xylophages et les oiseaux (buse, par exemple).

La faune

Le site de Vigny est un refuge pour de nombreuses espèces d'animaux, leur diversité étant liée à celle des plantes sauvages: 50 espèces d'oiseaux, 75 espèces de coléoptères au moins, 24 espèces de papillons dits «de jour», 41 pour les papillons de nuit, 15 espèces de criquets et sauterelles…

Pour les insectes, les plus rares notés lors des inventaires sont les coléoptères *Harpalus attenuatus* et *Otiorhynchus ovatus*, des orthoptères tels le grillon d'Italie (protégé en Île-de-France) ou le Tetrix riverain, ainsi qu'une vingtaine d'espèces observées de lépidoptères (papillons) assez communs comme le paon-du-jour (*Inachis io*) ou le vulcain (*Vanessa atalanta*).

Les amphibiens sont représentés uniquement par le crapaud accoucheur *Alytes obstetricans*, observé et entendu dans la carrière.

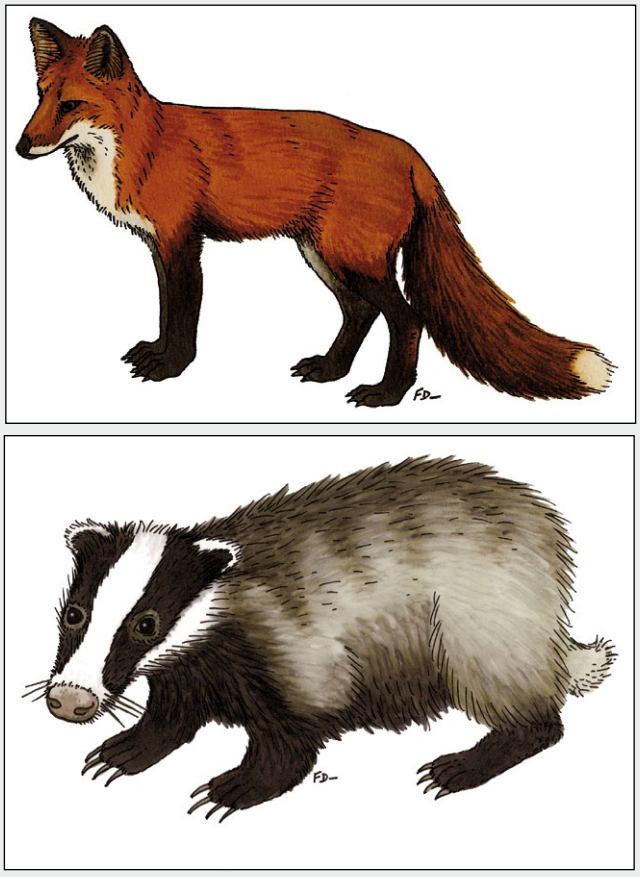


Fig. G. Renard et blaireau

Les serpents et lézards sont bien représentés à Vigny, avec une belle population de lézards des murailles, la présence de l'orvet et probablement de la vipère péliade.

De nombreux oiseaux trouvent refuge dans le site, tant parmi les passereaux (pics, sittelle, geai, pinson, grive, fauvettes, bruant jaune…) que parmi les rapaces, dont certains nichent (épervier d'Europe, buse variable, faucon crécerelle).

Les mammifères, chevreuils, sangliers, écureuils, lièvres, mulots et campagnols sont présents dans le bois des Roches. Quelques carnivores fréquentent également le site : le renard (crottes et empreintes repérées), le blaireau (fig. G) (présence de terriers), et la belette. La carrière revêt un intérêt potentiel pour les chiroptères, grâce à la présence de vieux arbres, de cavités naturelles dans la roche ou de bâtiments abandonnés.

Fig. H. Pâturage

Une gestion conservatoire

Afin de maintenir et favoriser toute cette biodiversité, une gestion adaptée des milieux est nécessaire. Fauche tardive et lutte contre l'envahissement par les ligneux sur les milieux ouverts (notamment les pelouses calcicoles gérées par pâturage, fig. H.), gestion sylvicole douce avec conservation de vieux arbres pour les milieux forestiers, création de petits aménagements tels que mare, pierriers, protection de cavités naturelles pour les chauves-souris (fig. I) ; autant de mesures qui permettent au site d'exprimer tout son potentiel écologique.

Fig. I. Grotte sécurisée pour les chauves-souris

Bibliographie

[1] Bignot Gérard, 1992, « Une association de Foraminifères du récif montien de Vigny. Considérations sur la paléogéographie montienne du Nord-Ouest européen », *Revue de Micropaléontologie*, 35, 3, p. 179-196.

[2] Bignot Gérard et Geyssant J., 1997, « Les Nautiles du Montien de Vigny (Val d'Oise, France). Remarques sur les faunes associées », *Bulletin d'information des géologues du Bassin de Paris*, 34, (4), p. 9-18.

[3] *Biotope et In Situ*, 2003, « Plan de gestion du futur Espace Naturel Sensible de la carrière de Vigny, 2e partie : objectifs et fiches d'action », conseil général du Val d'Oise, 74p.

[4] Collectif, 2007, *Patrimoine géologique du Val d'Oise,* Publication du conseil général du Val d'Oise, 2007, 36 p.

[5] Damotte Renée, 1964, « Contribution à l'étude des calcaires montiens du bassin de Paris : la faune d'ostracodes », *Bulletin de la société géologique de France VII*, 6, p. 349-356.

[6] Desmidt Pierre, 1960, « Le bois des Roches à Vigny. Contribution à l'étude morphologique et descriptive du complexe récifal », *Mémoires de la société géologique de France*, 89, p. 25-42.

[7] Feugueur Léon, 1967, *Carte géologique au 1 : 50 000e*, feuille de Pontoise, BRGM édition.

[8] Graves Louis, 1847, *Essai sur la topographie géognostique du département de l'Oise*, Beauvais, 804 p.

[9] Guillevin Yves, 1977, « Contribution à l'étude des foraminifères du Montien du bassin de Paris », *Cahiers de Paléontologie*, 4, p. 1-79.

[10] Lapparent Albert F. de, 1942, « Excursions géologiques dans le bassin de Paris », *Actualités Scientifiques*, 910, Hermann et Cie Edit.

[11] Lemoine Paul, 1937, « Les algues calcaires du Calcaire pisolithique, leur enseignement stratigraphique », *Bulletin de la société géologique de France*, V, 7, p. 287-288

[12] Marie P., 1937, « Sur les faunes de foraminifères du calcaire pisolithique du Bassin de Paris », *Bulletin de la société géologique de France*, V, 7, p. 289-294.

*[13] Marlière René, 1960, « La subsidence du récif campanien de Vigny », *Mémoires de la société géologique de France*, 89, p. 5-23.

[14] Meunier Stanislas, 1875, *Géologie des environs de Paris ou Description des terrains et énumération des fossiles qui s'y rencontrent*, Baillère et Fils édit., Paris, 156 p.

**[15] Meyer Jean-Claude, 1987, « Le récif danien de Vigny », *Géoguide*, 26, Saga, 72 p., 18 pl.

[16] Montenat Christian, 1998, « De l'usage du calcaire danien dans les constructions anciennes du Vexin normand », *Bulletin d'information des géologues du Bassin de Paris*, 35, 4, p. 3-27

[17] Montenat Christian et Barrier Pascal, 2007, « Mémoires de Roches. Promenades géologiques dans le Vexin français », *Courrier scientifique du PNR du Vexin français*, numéro spécial, 42 p.

[18] Montenat Christian et Barrier Pascal, 2008, « Les carrières du Dano-Montien de Vigny (Val-d'Oise). Valorisation d'un patrimoine scientifique et pédagogique », *Découvrir le patrimoine géologique de la France, Géosciences*, 7-8, BRGM, p. 64-69.

[19 Montenat Christian, Barrier Pascal et Ott d'Estevou Philippe, 2002, « The Vigny limestones : a record of Paleocene (Danian) tectonic-sedimentary events in the Paris Basin », *Sedimentology*, 49, p. 421-440.

[20] Montenat Christian, Ramain Olivier et Barrier Pascal, 1997, « Les dépôts "dano-montiens" de Vigny (Val-d'Oise). Importance des processus gravitaires de resédimentation », *Pierres et carrières : géologie, archéologie, histoire*, Textes réunis en hommage à Claude Lorenz : actes des journées Claude Lorenz, Paris, 17 et 18 novembre 1995. Paris, Association des géologues du Bassin parisien ; Société géologique de France, Équipe d'histoire des mines, des carrières et de la métallurgie dans la France médiévale, p. 79-88.

* Bibliographie détaillée sur Vigny.

** Cette publication présente une analyse détaillée des travaux publiés sur le Dano-Montien de Vigny et une liste exhaustive mais non révisée des organismes provenant des calcaires de Vigny.

[21] Pacaud Jean-Michel, 2004, « Révision des mollusques du Danien (Paléocène inférieur) du Bassin de Paris. 1. Gastropoda : Patellagastropoda et Vertgastropoda (pro parte) », *Geodiversitas 26* (4), p. 577-629.

[22] Pacaud Jean-Michel et Merle Didier, 2000, *Alcide d'Orbigny, un précurseur dans l'étude de la faune du Danien du bassin de Paris*, C. R. Palevol, p. 587-598.

[23] Pacaud Jean-Michel, Merle Didier et Meyer Jean-Claude, 2000, « La faune danienne de Vigny (Val-d'Oise, France) : importance pour l'étude de la diversification des mollusques au début du Tertiaire », *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, 330, p. 867-873.

[24] Pomerol Charles et Feugueur Léon, 1974, « Bassin de Paris (Île-de-France, Pays de Bray) », *Guides géologiques régionaux*, Paris, Masson, 216 p.

[25] Robin Auguste, 1925, *La Terre*, Paris, Larousse, 330 p.

[26] Soyer Robert, 1943, « Recherches sur l'extension du Montien dans le Bassin de Paris », *Bulletin du Service de la Carte géologique de France*, 213, p. 321-426.

Vue aérienne des carrières du bois des Roches dans les années 1990

Glossaire

Anthropique : qualifie les phénomènes qui sont provoqués ou entretenus par l'action consciente ou inconsciente de l'homme.

Anticlinal : plissement de terrain convexe formant voûte ; à l'opposé, le synclinal est un pli concave formant gouttière.

Bioclaste : débris (claste) d'organisme (bio) à coquille ou squelette le plus souvent calcaire.

Biodiversité : terme complexe correspondant à la diversité du vivant sous toutes ses formes. Il regroupe l'ensemble des espèces de plantes, d'animaux, de champignons, de bactéries ou autres micro-organismes, mais aussi les habitats naturels et l'ensemble des relations entre espèces, entre milieux et entre les espèces et les milieux.

Bryozoaire : animaux coloniaux dont le squelette branchu ou lamellaire peut être calcaire ; les nombreux individus de chaque colonie apparaissent dans un orifice de très petite taille. Cette disposition est assez comparable à celle des coraux coloniaux mais l'organisme des bryozoaires est à la fois plus petit, plus évolué et plus complexe que celui des coraux.

Calcicole : espèce ou végétation se rencontrant exclusivement ou préférentiellement sur des substrats riches en calcium.

Dolomitisation : formation de dolomie, minéral proche de la calcite (CO_3Ca) mais contenant en quantité égale du calcium Ca et du magnésium Mg.

Hygrophile : organisme (plante ou animal) qui affectionne les zones humides.

Lithophage : organisme (algue, champignon, éponge, mollusque, oursin) perforant les roches, de préférence calcaires.

Mésophile : plante ou communauté végétale croissant de préférence sur un substrat présentant des caractères peu accusés, en particulier ni trop sec ni trop humide.

Nitrophile : espèce croissant de préférence sur des substrats riches en composés azotés.

Ourlet : végétation herbacée ou sous-frutescente se développant en lisière des forêts et des haies.

Ourlifiée : prairie évoluant vers un stade boisé et constituée d'espèces caractéristiques des ourlets.

Progradation : dépôt des sédiments en feuillets inclinés successifs, formant un talus progressant dans une direction donnée. Le phénomène s'opère à toutes échelles.

Rudéral : croissant dans un site rudéralisé, c'est-à-dire fortement transformé par une activité humaine non ordonnée (décombres, terrains vagues, remblais...).

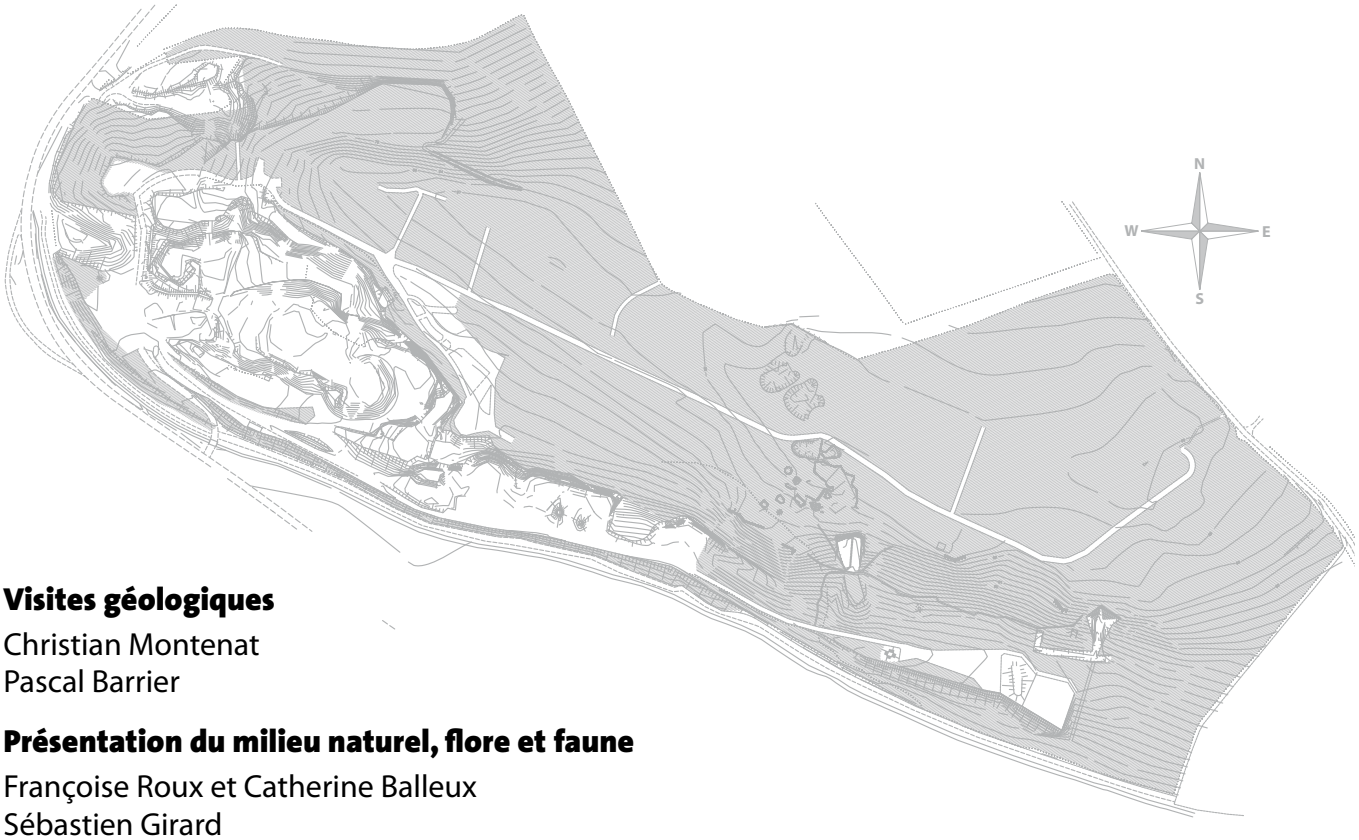
Rudiste : groupe de mollusques bivalves à coquilles calcaires très épaisses, d'environnement sub-récifal. Certains rudistes s'accolent, formant des sortes de récifs.

Spicule : fine aiguille d'opale formant le squelette des éponges siliceuses.

Thermophile : organisme qui préfère des sites chauds et ensoleillés pour vivre.

Les carrières du bois des Roches à Vigny dans le Val d'Oise

Cet ouvrage a pour objectif de compléter l'information des visiteurs intéressés par la géologie assez complexe des carrières, et de répondre à la demande d'enseignants qui souhaitent disposer des éléments utiles pour organiser, avec leurs classes, des visites à caractère général ou centrées sur une thématique particulière. Il donne également une vue d'ensemble sur les milieux naturels, la faune et la flore du site.



Visites géologiques

Christian Montenat
Pascal Barrier

Présentation du milieu naturel, flore et faune

Françoise Roux et Catherine Balleux
Sébastien Girard

Informations pratiques

Le patrimoine géologique de ce site est très fragile et doit être transmis aux générations futures. Il est donc demandé de veiller à respecter scrupuleusement les consignes données pour les visites de cette carrière. Les prélèvements d'échantillons sont ainsi interdits, hormis dans le bac à échantillons géologiques créé à cet effet.

Pour des raisons de sécurité et de protection du patrimoine naturel, ce site n'est ouvert au public que pour des animations de groupe encadrées.

Pour toute demande de visite ou d'animation sur la carrière, contactez le conseil général du Val d'Oise, Direction de l'Environnement :

Tél. : 01 34 25 76 22
Courriel : environnement@valdoise.fr

En complément à cet ouvrage, tous les schémas et les images pouvant servir dans un usage pédagogique sont disponibles en téléchargement à l'adresse suivante : www.cddp95.ac-versailles.fr/vigny

ISBN : 978-2-86637-518-8

Conseil général du Val d'Oise
Hôtel du Département
2, avenue du Parc
95032 Cergy-Pontoise cedex

tél. 01 34 25 30 30
fax. 01 34 25 33 00
www.valdoise.fr
information@valdoise.fr