

Les craies à silex du Turonien supérieur au Santonien du Boulonnais (France) au regard de la stratigraphie événementielle.

Comparaison avec le Kent (U.K.)*

Francis AMEDRO (1)

Francis ROBASZYNSKI (2)

Upper Turonian to Santonian flint-bearing chalk of the Boulonnais (France) in terms of event-stratigraphy: comparison with Kent (U.K.)

Géologie de la France, n° 4, 2000, pp. 39-56, 9 fig.

Mots-clés : Craie, Turonien, Coniacien, Santonien, Niveau repère, Stratigraphie événementielle, Corrélation stratigraphique, Pas-de-Calais, Boulonnais, Bassin de Londres, Kent.

Key words: Chalk, Turonian, Coniacian, Santonian, Marker bed, Event stratigraphy, Stratigraphic correlation, Pas-de-Calais, Boulonnais, London Basin, Kent.

Résumé

L'édition antérieure de la feuille de Marquise rassemblait toutes les craies blanches à silex sous l'attribution « Turonien supérieur – Sénonien » sans établir de subdivisions lithologiques. Les travaux menés depuis en Angleterre et dans le Nord de la France ont montré l'existence de niveaux-repères lithologiques et bio-écologiques tels que les niveaux marneux, les silex caractéristiques, les hardgrounds et les niveaux fossilifères marquant l'apparition d'espèces-index ou l'abondance d'espèces particulières. Ces niveaux ont généralement une extension géographique suffisamment importante pour fonder des corrélations à valeur régionale pour un même bassin tel le bassin de Paris. Du Turonien supérieur au Santonien élevé, 18 niveaux-repères ont ainsi été définis dont 12 identifiés à ce jour dans le Boulonnais.

En outre, les limites d'étage ont été prises en suivant au mieux les recommandations de la Sous-Commission Internationale de Stratigraphie du Crétacé réunie

à Bruxelles en 1995, tout en utilisant les éléments paléontologiques disponibles dans les craies : échinides, inocérames, ammonites et bélemnites pour la macrofaune, foraminifères benthiques pour les microfossiles (zonation « standard » des cartes géologiques du Bassin de Paris, actualisée). Pour la nouvelle édition de la feuille de Marquise, trois subdivisions cartographiables ont été proposées pour les craies à silex : C3c Turonien supérieur; C4 Coniacien, C5 Santonien, ce dernier mis en évidence pour la première fois sur la carte.

Dans l'intervalle Turonien supérieur-Santonien, une corrélation est tentée entre le Boulonnais et le Kent.

Abridged English Version

Introduction

In the previous edition of the 1:50,000-scale Marquise geological map, the Upper Cretaceous white flint-bearing chalk - accessible on the northern glaciis of the Boulonnais - was mapped as an "Upper Turonian to Senonian" unit of uniform

lithology. The distinction between Upper Turonian and Coniacian was based on presence of (a) *Micraster "breviporus Agassiz"* (= *leskei* Desmoulins) and *Holaster planus* Mantell, and (b) *Micraster cor testudinarium* Goldfuss associated with *Inoceramus involutus* J. de C. Sowerby (J.-P. Destombes in Hatrival coord., 1971). Although this distinction is still generally valid, recent research carried out on both sides of the Strait of Dover has revealed lithological and bio-ecological marker beds throughout the Turonian-Coniacian-Senonian chalk unit. Thus 26 marker beds have been described over a thickness of about 180 m from the basal Turonian to the upper part of the Santonian, with 21 of these having been recognized in the Boulonnais.

Turonian to Santonian events

Four formations were described by Robaszynski et al. (1980) in the Turonian to Santonian chalk of the Boulonnais, corresponding to successive facies within the chalk succession. These, from the base up, are (cf. Fig. 1):

* Manuscrit déposé le 4 août 2000, accepté le 8 janvier 2001.

(1) 26, rue de Nottingham, 62100 Calais, France.

(2) Faculté Polytechnique, Département Mines-Géologie, 9, rue de Houdain, 7000 MONS, Belgique, e-mail : francis.robaszynski@fpms.ac.be

- Grand Blanc-Nez Formation (nodular chalk);

- Mottelettes Formation (subnodular marly chalk);

- Guet Formation (white chalk with rare flint);

- Caffiers Formation (white chalk with abundant flint).

Since 1983, however, studies carried out at first in Germany by Ernst et al. (1983), then in England by Mortimore (1983, 1986, 1987), Robinson (1986), Jenkyns et al. (1994) and Gale (1996), have revealed the wide geographic extent of specific lithological horizons such as marl beds and hardgrounds as well as bio-horizons characterized by the brief abundance of a certain number of fossils. The concept of lithological or ecological "events" (or "litho-ecoevents" as termed by the Anglo-Saxon authors) has been applied successfully by Mortimore and Pomerol (1987), Gale (1996), Amédro et al. (1997) and Amédro and Robaszynski (in press, b) to obtain precise correlations over large distances in the Turonian chalk of the Anglo-Paris Basin.

Most of the marker beds reflect events that affected large areas of the Chalk Sea. Several marl beds, for example, correspond to the diagenesis of volcanic ash and may therefore be considered as reflecting "instant" deposition (Vanderaveroet et al., 2000). An additional advantage of this method is that one can divide the stratigraphic succession into a set of isochronous units from which it is possible to assess the possible diachronism of formations from one section to another. Thus eight units, T1 to T8, all bounded by marl beds, have been defined in the Turonian by Amédro and Robaszynski (in press, b).

Upward from the base of the Turonian, the succession of the litho-ecoevents recognized in Kent is as follows (events not been identified in the Boulonnais, generally due to gaps in the observations, are indicated by square brackets).

Lower Turonian

- Meads Marl 4 (Mortimore, 1986), a centimetre-thick bed commonly hollowed out in the sections due to weathering, immediately overlain by hardground

containing *Sciponoceras* from the Cenomanian;

- a bed with abundant *Inoceramus* of the group *Mytiloides* (Mortimore, 1986); thickness: 2 to 4 m;

- Lulworth Marl (Gale, 1996), a thin dark marl bed overlain by a limonitic hardground.

Middle Turonian

- Round Down Marl (Robinson, 1986), a decimetre-thick dark marl susceptible to weathering;

- New Pit Marls (Mortimore, 1983): two well-marked marl beds separated by 2 to 4 m of chalk with a massive appearance from afar;

- a bed with abundant *Inoceramus lamarcki* Parkinson (Jenkyns et al., 1994); thickness: about 2 m;

- Glynde Marls (Mortimore, 1983): a set of thin dark marl beds over a vertical distance of about 3 to 4 m;

- Southerham Marls (Mortimore, 1983): a group of four marl beds equidistant from one another, with the first and last being the thicker and more visible (interval thickness: 2 to 3 m). In fresh sections, not yet weathered, the middle beds may not be apparent.

Upper Turonian

- Caburn Marl (Mortimore, 1983): dark layer, 0.15 m thick, very prone to weathering and consequently generally hollowed out, overlying a fairly consistent layer of flint;

- Bridgewick Marls (Mortimore, 1983): a group of two or three marl beds occurring over a vertical distance of 1.5 to 2 m and associated with large nodular flints. Typically, at the regional scale, the Bridgewick Marls cap two composite hardgrounds in which we find the first *Sternotaxis plana* (Mantell) and that are themselves overlain by several highly fossiliferous hardgrounds with abundant *echinids* (*S. plana*, *Micraster leskei* Desmoulins) and *ammonites* (*Sciponoceras bohemicum bohemicum* [Fritsch], *Scaphites geinitzii d'Orbigny*, *Hyphantoceras reussianum* [d'Orbigny], *Lewesiceras mantelli* Wright and Wright, *Subprionocyclus neptuni* [Geinitz], etc.). The upper hardgrounds are

separated by an interval containing many small flint ramifications corresponding to the silicification of *Thalassinoides* type bioturbations;

- Lewes Marl (Mortimore, 1983), a decimetre-thick dark marl susceptible to erosion. It should be noted that the Lewes Marl is not present at Dover, where the succession is more condensed than in Sussex or in the Boulonnais (Gale, 1996).

Coniacian

- Navigation Hardground (Mortimore, 1983), 50-cm thick; the interval between the Lewes Marl and the Navigation Hardground corresponds to the total vertical distribution of *Micraster normanniae* Bucaille. From another standpoint, the disappearance of *M. leskei* and the appearance of *M. cortestudinarium* Goldfuss occurs in the upper third of the interval (Amédro and Robaszynski, in press b);

- Hope Gap Hardground (Mortimore, 1983), several decimetres thick;

- Beeding Hardground (Mortimore, 1983), well developed and several decimetres thick;

- [East Cliff Marl] (Gale and Smith, 1982): marl layer 2 cm thick;

- [Hope Point Marls] (Gale and Smith, 1982): set of five very thin marl layers over a vertical height of 1 m;

- [East Cliff semitabular Flint] (Gale and Woodroof, 1981): bed of large flint nodules 15 cm thick which, taken individually, can be as much as 65 cm long. The upper surface of the flints is smooth and the lower surface wavy.

Santonian

- a first bed with abundant *Cladoceras* (Bailey et al., 1984), actually formed by two beds containing abundant *Cladoceras undulaticus* (Roemer) and enclosing a layer of flint (Robinson, 1986);

- Bedwell's columnar Flint (Rowe, 1900) associated with the second bed with abundant *Cladoceras* (Bailey et al., 1984). This double marker bed, which is both lithological and bio-ecological is made up of a layer of nodular flint associated with rare paramoudras and many fragments of *C. undulaticus*;

- an interval with common *Conulus albogalerus* Leske (Bailey et al., 1983), 2 to 3 m thick;

- Whitaker's three inch band (Whitaker, 1865): a continuous layer of nodular flint, 10 cm thick;

- [Barrois'Sponge bed] (Barrois, 1876): limonitic hardground locally rich in sponges;

- a [bed with abundant *Conulus albogalerus*] (Rowe, 1900), characterized by an abundance of *Conulus* over a thickness of about 30 cm;

- an interval with common *Actinocamax verus* Miller (Bailey et al., 1983): 2 m thick, but the species is still present above the following marker bed;

- Echinocorys Band (Rowe, 1900): continuous bed with many *Echinocorys elevata* (Brydone);

- Bedwell Line (Rowe, 1900): layer with abundant nodular flint (0.20 to 0.30 m thick).

In all, no less than 26 litho-ecoevents make it possible to locate oneself precisely within a chalk succession extending from the base of the Turonian to the Santonian-Campanian boundary in Kent. Even though the density of litho-ecoevents is not as high as in the Cenomanian, where 19 marker beds are recognized over 75 m of the chalk succession on both sides of the Strait of Dover (Amédéo and Robaszynski, in press a), fine correlations can now be made from simple field observations. In a second phase, the use of micropaleontology provides useful additional information wherever a doubt exists as to the stratigraphic position.

The stage boundaries

The adopted stage boundaries respect as far as possible the recommendations put forward by the International Sub-Commission of Cretaceous Stratigraphy following the Brussels Symposium in 1995:

- base of the Lower Turonian: appearance of *Watinoceras devonense* Wright and Kennedy (coincident with the disappearance of *Sciponoceras gracile* [Shumard] and *S. bohemicum* *anterius* Wright and Kennedy);

- base of the Middle Turonian: appearance of *Collignoniceras woollgari* (Mantell);

- base of the Upper Turonian: appearance of *Romaniceras deverianum* (d'Orbigny);

- base of the Coniacian: appearance of *Cremonoceras deformis erectus* (Meek);

- base of the Santonian: appearance of *Cladoceras undulaticatus* (Roemer).

Marker beds in several key sections of the Boulonnais

- Mimoyecques: three groups of marl beds in the Middle and Upper Turonian (Southerham, Caburn and Bridgewick marls);

- Caffiers: eleven marker beds of the end Cenomanian to Coniacian and the eight lithological units T1 to T8;

- Coquelles: two lithological marker beds in the Santonian: Bedwell's and Whitaker's;

- St Tricat: three marker beds over 6.5 m of section: *Echinocorys elevata* (Brydone) Band, Bedwell Line and *Actinocamax verus* bed.

Comparison between the Boulonnais and Kent

- Most of the marker beds corresponding to litho-ecoevents defined in southeastern England are similar to those described in northern France. The few exceptions are mainly marker beds that have still to be identified on the French side due to gaps in the observations.

- The sedimentary record is, however, thicker in the Boulonnais than in Kent in particular for the Upper Turonian (x 1.8).

- The marl layers with bentonite (volcanogenic) are considered as isochrons and delimit eight units, T1 to T8.

- The appearance of the first flints and the formation of the nodular facies in the Turonian were diachronous between the Boulonnais and Kent.

- The interval between the Bridgewick and Lewes marls passes from 18 m thick at Caffiers to 4.50 m thick at Dover where the condensation is shown by the presence of four hardgrounds corresponding to the Chalk-Rock.

- It is possible that certain marl beds in Kent (East Cliff Marl and Hope Point

Marls) are lateral equivalents to silicified beds in the Boulonnais.

- It would appear that the highest part of the Cretaceous known in the Boulonnais inlier is at St Tricat where the Bedwell Line has been recognized.

Conclusions

The composition of the "white flint-bearing chalk" of the Upper Turonian to top of the Santonian in the Boulonnais is fairly homogeneous and does not enable useful facies distinctions to be made in the field. In addition, as macrofossils are not very abundant from the Coniacian on, it is necessary to carry out micropaleontological studies of the benthic foraminifera in order to obtain precise stratigraphic information. However, the recognition of 18 litho-ecoevents in the Upper Turonian to Santonian chalk interval of western Europe, of which 13 have been found in the Boulonnais, now provides a precise idea of the stratigraphic position of a small outcrop if one or other of the marker beds can be recognized and characterized.

Moreover, these marker beds support correlations over small to medium distances within a same basin such as the Anglo-Paris basin between the Boulonnais and Kent

Introduction

Une grande partie du sous-sol de la région Nord-Pas-de-Calais est formée de craies à silex qui, dans la plupart des cas, ont un âge variant du Turonien supérieur au Santonien. De petites carrières exploitées localement pour l'amendement des sols agricoles entament çà et là quelques mètres de la succession mais les affleurements de grande envergure sont rares. Dans ce contexte, la « boutonnière » du Boulonnais constitue une région privilégiée pour l'étude des craies à silex du Nord de la France et la cuesta qui limite les collines du Haut-Boulonnais expose des coupes partielles qui permettent de reconstruire la succession lithologique pour l'ensemble des formations concernées.

Dans l'édition antérieure de la feuille à 1/50 000 de Marquise, les craies blanches à silex du Crétacé supérieur – accessibles sur le glacis nord du Boulonnais – formaient un ensemble « Turonien supérieur – Sénonien » où la lithologie était considérée comme uni-

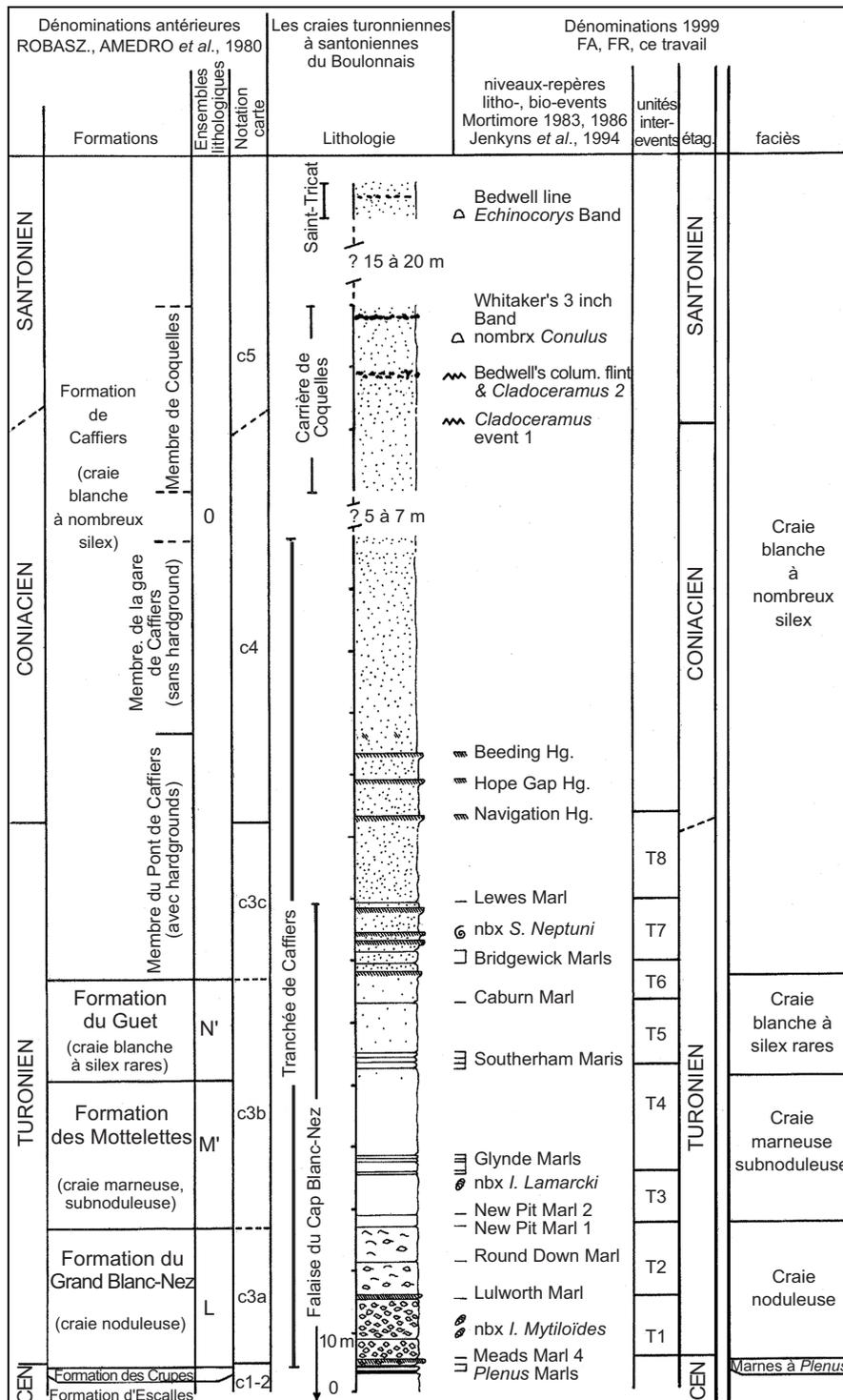


Fig. 1.- Niveaux-repères et évolution des concepts dans la division des craies turoniennes à santonniennes du Boulonnais.

Fig. 1.- Marker beds and evolution of the concepts in the division of the Turonian to Santonian chalk in the Boulonnais.

forme. La distinction entre Turonien supérieur et Coniacien était fondée sur la présence de *Micraster «breviporus»* Agassiz (= *leskei* Desmoulin) et d'*Holaster planus* Mantell d'une part, et de *Micraster cortesudinarium* Goldfuss associé à *Inoceramus involutus* J. de C. Sowerby d'autre part (J. P.

Destombes in Hatrival coord., 1971). Cette distinction est toujours à peu près valable mais, depuis, les recherches menées des deux côtés du Pas-de-Calais ont mis en évidence des niveaux-repères lithologiques et bio-écologiques tout au long de l'ensemble des craies couvrant le Turonien, le Coniacien

et le Santonien. Ainsi, du Turonien basal au Santonien élevé, soit sur environ 180 m d'épaisseur, 26 niveaux-repères ont été décrits dont 20 identifiés à ce jour dans le Boulonnais.

Un certain nombre de sections ont été étudiées au 19^e siècle dans la partie sud du Boulonnais par Danglure (1863) et Barrois (1873), et plus récemment dans la partie nord par Amédéo, Robaszynski (1978) et Amédéo, Manivit, Robaszynski (1979). La révision de la carte géologique à 1/50 000 de Marquise (Mansy coord., sous presse) a conduit à décrire de nouveaux affleurements démonstratifs et à ré-interpréter certaines coupes antérieures. Le résultat est la construction d'une succession lithologique de référence couvrant l'ensemble des craies à silex du Boulonnais-Nord et qui concerne un intervalle allant du Turonien supérieur à la partie élevée du Santonien. Une corrélation détaillée avec les craies du sud-est de l'Angleterre devient également possible grâce aux niveaux-repères lithologiques et bio-écologiques.

Ce travail prolonge les études sur les craies cénomaniennes et turoniennes du Cap Blanc-Nez présentés récemment par Amédéo, Robaszynski (1999, sous presse, a et b).

Stratigraphie événementielle des craies turoniennes, coniaciennes et santonniennes du détroit du Pas-de-Calais

Quatre formations ont été créées par Robaszynski, Amédéo coord. et al. (1980) dans les craies du Turonien au Santonien du Boulonnais et correspondent aux faciès successifs de la craie, soit du bas vers le haut (fig. 1) :

- la Formation du Grand Blanc-Nez (craie noduleuse) ;
- la Formation des Mottelettes (craie marneuse, subnoduleuse) ;
- la Formation du Guet (craie blanche à silex rares) ;
- la Formation de Caffiers (craie blanche à nombreux silex).

Le caractère apparemment monotone de la lithologie des craies à silex ne faci-

lite pas a priori le repérage sur le terrain. C'est la raison pour laquelle, pendant des décennies, les outils de corrélation utilisés à l'échelle régionale ont été choisis parmi des éléments paléontologiques macrofaunistiques : surtout des échinides et des inocérames comme le montrent les travaux des précurseurs de part et d'autre de la Manche tels Barrois (1875, 1876, 1878) ou Rowe (1900). Par la suite, ont été construites les premières échelles paléontologiques parallélisées associant macro-, micro- et nannofossiles (Amédéo *et al.*, 1978 ; Amédéo, Manivit, Robaszynski, 1979 ; Robaszynski, Amédéo coord. *et al.*, 1980). Le même souci a conduit le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) à utiliser avec succès de façon systématique des biozones micropaléontologiques lors de la cartographie à 1/50 000 des craies du bassin de Paris (Monciardini, 1978, 1994).

Depuis 1983 cependant, des études réalisées tout d'abord en Allemagne par Ernst, Schmid, Seibertz (1983), puis en Angleterre par Mortimore (1983, 1986, 1987), Robinson (1986), Jenkyns, Gale, Corfield (1994) et Gale (1996) ont montré la grande extension géographique d'horizons lithologiques particuliers comme les niveaux marneux et les hardgrounds ainsi que les bio-horizons caractérisés par l'abondance momentanée d'un certain nombre de fossiles. Ce concept des litho – ou éco-événements (« litho-ecoevents » des auteurs anglo-saxons) a été mis en pratique avec succès pour réaliser des corrélations précises à longue distance dans les craies du Turonien du bassin anglo-parisien par Mortimore, Pomerol (1987), Gale (1996) ; Amédéo *et al.* (1997) et Amédéo, Robaszynski (sous presse, b).

La plupart de ces niveaux-repères sont le témoignage d'événements qui ont dû affecter de vastes surfaces dans la mer de craie. Plusieurs niveaux marneux correspondent par exemple à la diagenèse de cendres volcaniques et peuvent, de ce fait, être considérées comme des dépôts « instantanés » (Vanderaveroet *et al.*, 2000). Un intérêt supplémentaire à la méthode est la division de la succession stratigraphique en un ensemble d'unités isochrones qui permettent d'apprécier le diachronisme éventuel des formations d'une coupe à l'autre. Ainsi 8 unités, T1 à T8, toutes limitées par des niveaux marneux, viennent d'être définies dans le

Turonien par Amédéo, Robaszynski (sous presse, b).

Cette stratigraphie événementielle n'a pas encore été utilisée pour corréler les successions de craies à silex post-turonniennes situées de part et d'autre du détroit du Pas-de-Calais.

Dans le Boulonnais, les craies à silex commencent au Turonien et sont connues jusque dans le Santonien qui représente l'étage le plus récent préservé de l'érosion. De l'autre côté du détroit du Pas-de-Calais, dans le Kent, l'enregistrement sédimentaire est un peu plus complet et la craie de Margate atteint la limite Santonien-Campanien (*cf.* Bailey *et al.*, 1983). L'existence d'un certain nombre de niveaux particuliers à caractère lithologique au macropaléontologique a été mise en évidence de façon progressive depuis le 19^e siècle à la suite des travaux, côté anglais de Whitaker (1865), Bedwell (1874), Barrois (1876) et Rowe (1900), et, dans le Nord de la France, de Briquet (1920). Mais le mérite revient surtout à Bailey, Gale, Mortimore, Swiecicki, Wood (1983, 1984), puis à Robinson (1986), et enfin à Jenkyns, Gale, Corfield (1994) d'avoir dressé un inventaire systématique de tous les niveaux-repères présents dans les falaises du Kent où sont exposées les craies à silex du Turonien à la base du Campanien en deux coupes échelonnées sur 13 km de distance entre Douvres et Margate. Disposant d'un outil de référence, la recherche et l'identification de ces niveaux-repères dans les affleurements plus discontinus du Boulonnais devient maintenant possible. Dans un souci d'harmonisation de la nomenclature et par application de la règle d'antériorité, les dénominations anglaises seront utilisées ici pour désigner les niveaux-marqueurs dans le Nord de la France.

Du bas vers le haut et en partant de la base de l'étage Turonien, la succession des litho – ou éco-événements reconnus dans le Kent est la suivante (les événements non identifiés dans le Boulonnais, le plus souvent en raison de lacunes d'observation, sont indiqués entre crochets) :

Turonien inférieur

- Le Meads Marl 4 (Mortimore, 1986), niveau centimétrique fréquemment en retrait dans les coupes en raison de l'altéra-

tion, qui surmonte immédiatement les hardgrounds à *Sciponoceras* du Cénomaniens ;

- un banc riche en inocérames du groupe *Mytiloides* (Mortimore, 1986), épaisseur : 2 à 4 m ;

- le Lulworth Marl (Gale, 1996), mince niveau marneux sombre surmonté par un hardground limonitique.

Turonien moyen

- Le Round Down Marl (Robinson, 1986), marne sombre, décimétrique, sensible à l'altération ;

- les New Pit Marls (Mortimore, 1983) : deux niveaux marneux très apparents, séparés par 2 à 4 m de craie paraissant de loin assez massive ;

- un banc riche en *Inoceramus lamarcki* Parkinson (Jenkyns *et al.*, 1994), (2 m environ) ;

- les Glynde Marls (Mortimore, 1983) : faisceau de minces niveaux marneux sombres, répartis sur une hauteur d'environ 3 à 4 m ;

- les Southerham Marls (Mortimore, 1983) : groupe de quatre niveaux marneux équidistants les uns des autres, dont le premier et le dernier sont plus épais et mieux visibles (épaisseur de l'intervalle : 2 à 3 m). Dans les coupes fraîches, non encore soumises à l'action des agents atmosphériques, les niveaux médians peuvent ne pas apparaître.

Turonien supérieur

- Le Caburn Marl (Mortimore, 1983) : niveau marneux sombre (0,15 m d'épaisseur), très sensible à l'altération et, de ce fait, le plus souvent en creux, surmontant un lit de silex assez constant ;

- les Bridgewick Marls (Mortimore, 1983) : groupe de 2 ou 3 niveaux marneux répartis sur 1,50 m à 2 m de hauteur, et associés à de gros silex noduleux. Typiquement, à l'échelle régionale, les Bridgewick Marls coiffent deux hardgrounds composites dans lesquels apparaissent les premiers *Sternotaxis plana* (Mantell) et sont eux-mêmes surmontés de plusieurs hardgrounds très fossilifères, riches en échinides (*S. plana*, *Micraster leskei* Desmoulins) et en ammonites : *Sciponoceras bohemicum bohemicum*

(Fritsch), *Scaphites geinitzii* d'Orbigny, *Hyphantoceras reussianum* (d'Orbigny), *Lewesiceras mantelli* Wright et Wright, *Subprionocyclus neptuni* (Geinitz) ... Les hardgrounds supérieurs sont séparés par un intervalle montrant de nombreux petits silex ramifiés correspondant à la silicification de bioturbations du type *Thalassinoides* ;

- le Lewes Marl (Mortimore, 1983), marne sombre, décimétrique, sensible à l'altération. A noter qu'à Douvres où la succession est plus contractée que dans le Sussex ou le Boulonnais, le Lewes Marl n'est pas représenté (Gale, 1996).

Coniacien

- Le Navigation Hardground (Mortimore, 1983), demi-métrique. L'intervalle compris entre le Lewes Marl et le Navigation Hardground correspond à la distribution verticale totale de *Micraster normanniae* Bucaille. D'un autre côté, la disparition de *M. leskei* et l'apparition de *M. cortestudinarum* Goldfuss s'effectuent au tiers supérieur de l'intervalle (Amédéo, Robaszynski, sous presse b) ;

- le Hope Gap Hardground (Mortimore, 1983), pluridécimétrique ;

- le Beeding Hardground (Mortimore, 1983), bien développé et également pluridécimétrique ;

- l'[East Cliff Marl] (Gale, Smith, 1982) : niveau marneux de 2 cm d'épaisseur ;

- les [Hope Point Marls] (Gale, Smith, 1982) : faisceau de cinq très minces niveaux marneux répartis sur une hauteur de 1 m ;

- l'[East Cliff semitabular Flint] (Gale, Woodroof, 1981) : lit de gros rognons de silex de 15 cm d'épaisseur qui, pris individuellement, mesurent jusqu'à 65 cm de longueur. La surface supérieure des silex est lisse, tandis que la surface inférieure est ondulée.

Santonien

- Un premier banc-riche en *Cladoceramus* (Bailey *et al.*, 1984), formé en réalité par deux lits à nombreux *Cladoceramus undulatoplicatus* (Roemer) encadrant un lit de silex (Robinson, 1986) ;

- le Bedwell's columnar Flint (Rowe, 1900) associé au second banc riche en *Cladoceramus* (Bailey *et al.*, 1984). Ce double niveau-repère à la fois lithologique et bio-écologique est constitué par un lit de silex noduleux associé à de rares paramoudras et à de nombreux fragments de *C. undulatoplicatus* ;

- un intervalle à *Conulus albogalerus* Leske fréquent (Bailey *et al.*, 1983), sur 2 à 3 m d'épaisseur ;

- le Whitaker's three inch Band (Whitaker, 1865) : lit continu de silex noduleux de 10 cm d'épaisseur ;

- le [Barrois'Sponge bed] (Barrois, 1876) : hardground limonitisé localement riche en éponges ;

- un [banc riche en *Conulus albogalerus*] (Rowe, 1900), caractérisé par une abondance en *Conulus* sur une épaisseur d'environ 30 cm ;

- un intervalle à *Actinocamax verus* Miller fréquent (Bailey *et al.*, 1983) : sur 2m d'épaisseur, mais l'espèce est encore présente immédiatement au-dessus du niveau-repère suivant ;

- l'*Echinocorys* Band (Rowe, 1900) : lit continu avec de nombreux *Echinocorys elevata* (Brydone) ;

- le Bedwell Line (Rowe, 1900) : lit riche en silex noduleux (épaisseur : 0,20 m à 0,30 m).

Au total, pas moins de 26 événements à caractère lithologique ou écologique permettent de se repérer avec précision à travers près de 180 m de craies allant de la base du Turonien à la limite Santonien-Campanien dans le Kent. Même si la densité des litho- ou éco-événements n'est pas celle atteinte dans le Cénomaniens où l'on reconnaît 19 niveaux-repères à travers les 75 m de la succession crayeuse de part et d'autre du détroit du Pas-de-Calais (Amédéo, Robaszynski, sous presse a), des corrélations fines peuvent être maintenant envisagées par de simples observations de terrain. Dans une seconde étape, l'usage de la micropaléontologie apporte des informations complémentaires précieuses quand un doute subsiste quant à la reconnaissance de la position stratigraphique.

Les limites du Turonien, du Coniacien et du Santonien

Les limites du Turonien et de ses trois sous-étages

Suivant les recommandations formulées lors du « Second Symposium sur les limites des Etages du Crétacé » tenu à Bruxelles en 1995, la base de l'étage Turonien est définie par la première apparition de l'ammonite *Watinoceras devonense* Wright et Kennedy (Bengtson coord., 1996). Cette espèce est extrêmement rare dans les craies du bassin anglo-parisien en dehors du Devon mais, suivant Gale (1996), l'apparition de *W. devonense* y coïncide avec la disparition de deux espèces très communes du Cénomaniens supérieur : *Sciponoceras gracile* (Shumard) et *S. bohemicum anterieur* Wright et Kennedy. L'extinction de ces deux espèces est utilisée ici pour placer la limite Cénomaniens-Turonien. Cet événement s'effectue au sommet des hardgrounds à *Sciponoceras* situés immédiatement sous le Meads Marl 4, lequel peut, de ce fait, être considéré comme un bon marqueur lithologique de la base du Turonien.

En ce qui concerne les sous-étages du Turonien, une division tripartite est communément admise. La limite Turonien inférieur-Turonien moyen est placée avec l'apparition de l'ammonite *Collignonicerus woollgari* (Mantell) (Bengtson coord., 1996). Dans les craies des falaises de la Manche l'espèce est recueillie pour la première fois 0,50 m au-dessus du Lulworth Marl. En revanche, il n'existe pas encore d'accord international sur la définition de la limite Turonien moyen – Turonien supérieur. Le colloque sur le Turonien tenu à Paris en 1981 a suggéré d'utiliser provisoirement comme marqueur l'apparition de *Romaniceras devorianum* (d'Orbigny), cf. Robaszynski coord., (1983). Cette ammonite est rare dans les craies du bassin anglo-parisien, à l'exception du département de l'Aube en France (Amédéo *et al.*, 1982). Dans l'état actuel des connaissances, toutes les récoltes bien situées dans la série stratigraphique proviennent de la moitié supérieure de l'intervalle compris entre les Southerham Marls et le Caburn Marl (Gale, 1996 ; Vanderaverroet *et al.*, 2000).

La base du Coniacien

Les critères de reconnaissance de la base du Coniacien ont évolué au cours des deux dernières décennies.

Lors du « Premier Symposium sur les Limites des Etages du Crétacé » tenu à Copenhague en 1983, la Sous-Commission sur la stratigraphie du Crétacé a recommandé de faire coïncider la limite Turonien-Coniacien avec la première apparition de l'ammonite *Forresteria (Harleites) petrocoriensis* (Coquand), cf. Birkelund *et al.* (1984). Un exemplaire de l'espèce a été recueilli à Douvres dans le « Top Rock », au sommet du Navigation Hardground (Gale, Woodroof, 1981).

Le « Second Symposium sur les Limites des Etages du Crétacé » de Bruxelles-1995 n'a pas retenu ce choix et a proposé la première apparition de l'inocérame *Cremnoceramus rotundatus* (*sensu* Tröger non Fiege), cf. Kauffman *et al.*, (1996). Ce changement devrait abaisser de quelques mètres la base du Coniacien dans les craies du bassin anglo-parisien, mais la répartition des inocérames aux confins turono-coniaciens dans le Boulonnais n'est pas encore parfaitement élucidée. A noter que, suivant la révision récente de Walaszczyk, Wood (1998), *Cremnoceramus rotundatus* (*sensu* Tröger non Fiege) est un synonyme junior de *Cremnoceramus deformis erectus* (Meek) qui devient le taxon valide à utiliser dorénavant pour fixer la limite Turonien-Coniacien.

La base du Santonien

Le groupe de travail sur le Santonien a recommandé lors du Symposium de Bruxelles – 1995 de définir la base du Santonien par la première apparition de l'inocérame *Cladoceramus undulatopectatus* (Roemer), cf. Lamolda, Hancock, (1996). Cet événement biologique est bien repéré dans les craies à silex du Kent et correspond au « *Cladoceramus event* » situé à 4,50 m sous le Bedwell's Columnar Band (Bailey *et al.*, 1894 ; Jenkyns *et al.*, 1994).

La base du Campanien

Sans qu'une décision définitive ait été prise, un consensus s'est dégagé lors du Second Symposium sur les Limites des

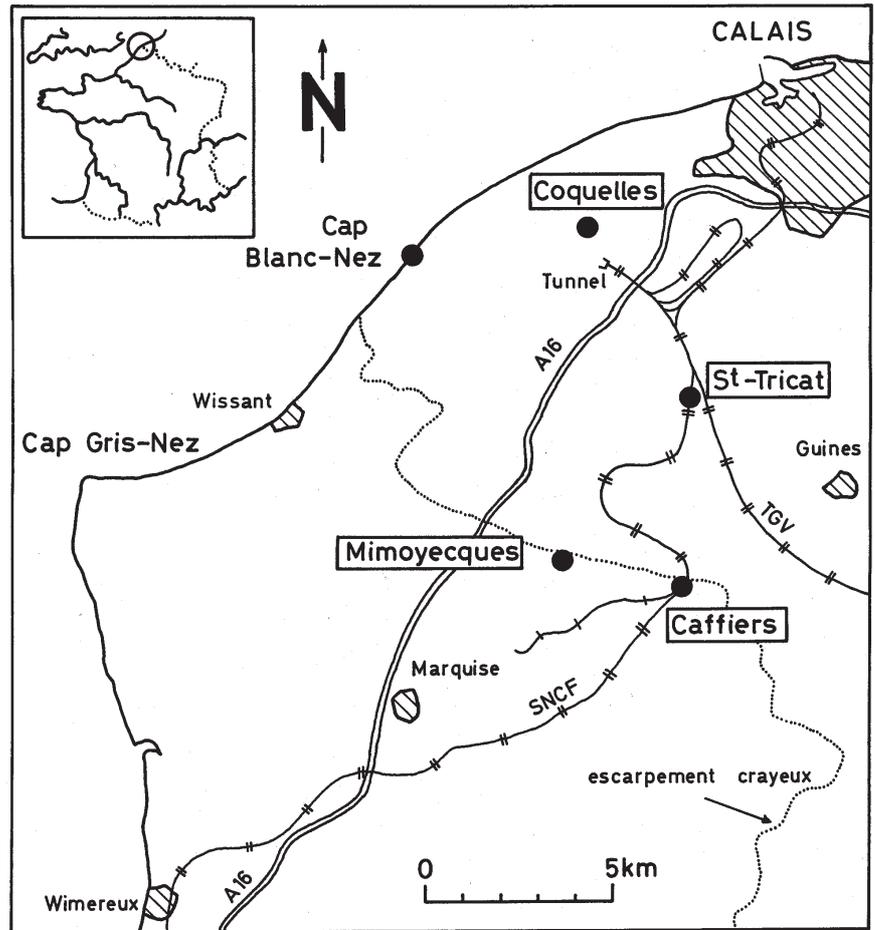


Fig. 2.- Localisation géographique du secteur étudié dans le nord du Boulonnais.

Fig. 2.- Geographic location of the study area in the northern Boulonnais.

Etages du Crétacé pour faire coïncider la base de l'étage Campanien avec le niveau d'extinction du crinoïde pélagique *Marsupites testudinarius* (Hancock, Gale, 1996) qui devrait correspondre sensiblement à l'apparition de l'ammonite *Placenticerias bidorsatum* (Roemer) utilisée antérieurement. La distribution verticale de *Marsupites testudinarius* Schlotheim dans les craies du sud-est de l'Angleterre a été étudiée en détail par Jenkyns *et al.*, (1994) et Gale *et al.* (1995) et la disparition de l'espèce s'effectue 5 m au-dessus du Bedwell Line. C'est là qu'est placée la limite Santonien-Campanien.

La position des niveaux-repères dans les craies à silex du Turonien supérieur au Santonien

La localisation géographique du secteur étudié est présentée à la figure 2. Les

craies à silex du Crétacé supérieur forment les reliefs de la cuesta Nord de la boutonnière morphologique du Boulonnais et sont entaillées au nord-ouest par les falaises du Cap Blanc-Nez. Elles constituent également l'essentiel du haut plateau qui s'abaisse progressivement vers le nord.

Les craies à silex du Turonien supérieur, en grande partie exposées dans les falaises du Cap Blanc-Nez, sont malheureusement perchées au sommet du Grand Blanc-Nez à 70 m d'altitude, ce qui les rend difficilement accessibles. Toutefois, une suite lithologique détaillée du site vient, d'être décrite par Amédéo et Robaszynski (sous presse, b) et n'est pas reprise ici. Par ailleurs, quatre coupes situées pour partie le long de l'escarpement crayeux (forteresse de Mimoyecques, tranchée de chemin de fer de Caffiers) et pour partie sur le plateau (carrières de Coquelles, tranchée de Saint-Tricat) donnent accès à une grande partie de la succession du Turonien au Santonien.

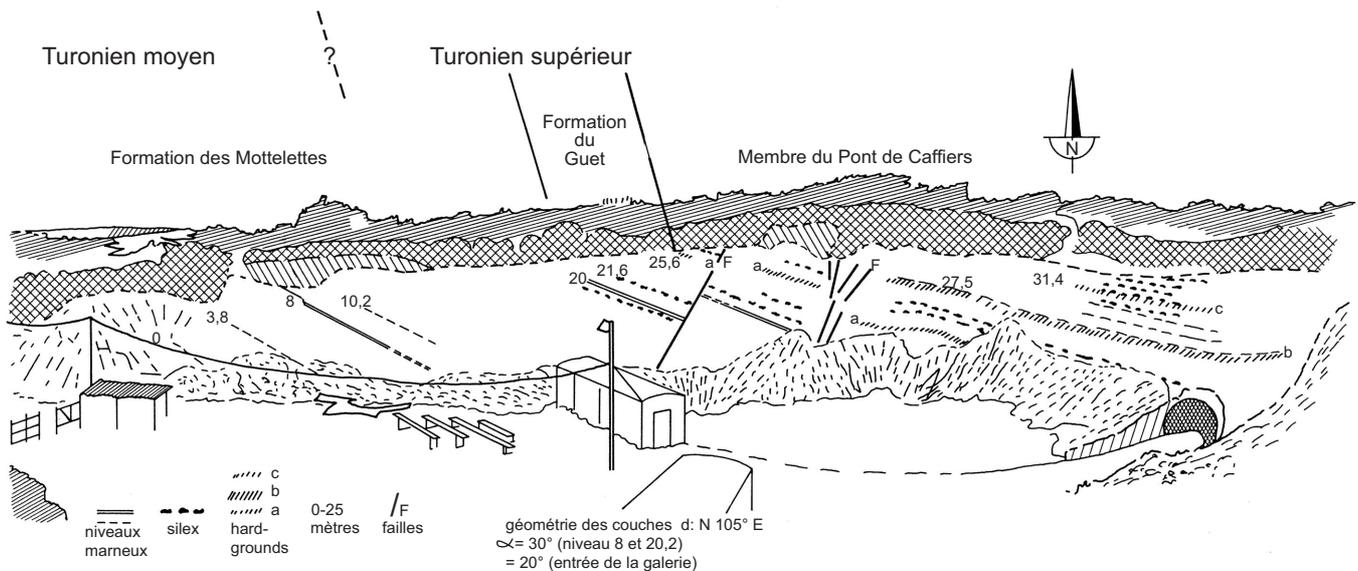


Fig. 3.- Panorama de l'entrée de la « forteresse des V3 » de Mimoyecques où affleurent des craies d'âge Turonien moyen à Turonien supérieur.

Fig. 3.- Panorama of the entrance to the "forteresse des V3" at Mimoyecques where Middle to Upper Turonian chalk is exposed.

Mimoyecques

Le long de la route départementale 249 reliant Leubringhen à Landrethun-le-Nord, la forteresse souterraine de Mimoyecques a été creusée durant la seconde guerre mondiale pour servir de base de lancement à l'arme V3. L'entrée de la forteresse est dégagée depuis quelques années et permet d'observer 34 m de craies du Turonien moyen à supérieur. Du bas vers le haut, la succession est la suivante (fig. 3 et 4).

Formation des Mottelettes

0 à 20 m : craie blanc grisâtre, parsemée de filets argileux millimétriques, onduleux, verdâtres et entrecoupée par des niveaux marneux à 3,80 m, 8 m et 10,20 m. Les deux derniers sont corrélés avec les Southerham Marls.

Formation du Guet

20 m à 25,40 m : craie blanc grisâtre, paraissant homogène, avec, à 20,20 m, le Caburn Marl surmontant un lit de silex digitiformes, ramifiés et, à 21,60 m, un second lit de silex.

Formation de Caffiers

25,40 m à 34 m (sommet de la coupe) : craie blanche à nombreux silex

noirs disposés en lits. Trois niveaux marneux correspondant aux Bridgewick Marls sont bien visibles, respectivement à 27,50 m ; 28,50 m et 29,60 m. La partie basale de la Formation de Caffiers située sous les Bridgewick Marls commence par une série de deux hardgrounds séparés par 1,40 m de craie à silex dont les deux tiers inférieurs sont plus ou moins noduleux.

Caffiers

Le creusement d'une tranchée de chemin de fer près de la gare de Caffiers a mis au jour en 1975 une succession continue de près de 150 m de craies allant du Cénomaniens supérieur au Coniacien. L'affleurement est aujourd'hui très dégradé en raison de la végétalisation des talus mais, pendant plus de dix ans, il s'est agi de la coupe la plus épaisse (103 m) et la plus complète jamais observée dans le Turonien du Boulonnais. Outre un levé lithologique détaillé, la tranchée de Caffiers a fait l'objet d'un échantillonnage micropaléontologique complet et de récoltes systématiques de macrofaunes (ammonites, inocérames, échinides, brachiopodes ...) durant toute la durée de vie de l'affleurement. L'ensemble des résultats a été publié par Amédéo, Robaszynski (1978), Amédéo *et al.* (1979), Robaszynski *coord. et al.*, (1980) et Robaszynski, Amédéo (1986 a).

L'identification des niveaux-repères (niveaux marneux et hardgrounds) définis après 1975 en Angleterre rend aujourd'hui nécessaire une description actualisée, de la coupe de la tranchée de Caffiers. La suite lithologique est illustrée dans la figure 5. La numérotation indiquée va, du haut vers le bas, de 0 à 111 m en se dirigeant vers le sud-ouest à partir d'un pont qui enjambe la tranchée, puis, du bas vers le haut, de 112 à 148 m en partant du pied nord du même pont vers la gare de Caffiers. Du bas vers le haut, la succession apparaît comme suit.

Formation du Grand Blanc-Nez

111 à 95 : craie noduleuse jaunâtre. Les deux mètres inférieurs de la coupe (de 111 à 109) contiennent des nodules de craie durcie, avec *Inoceramus pictus* Sowerby et *Sciponoceras* sp. cf. *S. bohemicum anterius*, ce qui permet d'identifier les hardgrounds à *Sciponoceras* constituant le 19^e et dernier niveau-repère du Cénomaniens (Amédéo, Robaszynski, 1999). Quelques mètres plus haut, entre 102 et 99, existe un second niveau-repère caractérisé par une abondance d'*Inoceramus mytiloides* Mantell.

Formation des Mottelettes

95 à 42,50 : craie blanc grisâtre, parcourue de filets argileux millimétriques

verdâtres, plus ou moins onduleux. Quelques récurrences de craie noduleuse et des niveaux indurés existent dans la moitié inférieure de la formation jusqu'au niveau 70, tandis que la craie devient plus blanche vers le haut. Plusieurs niveaux marneux échelonnés à travers la craie marneuse de la Formation de Mottelettes sont, par leur position géométrique, aisément corrélables aux niveaux-repères décrits dans le sud de l'Angleterre, avec :

- à 92, le Lulworth Marl surmonté immédiatement par le Limonitic Hardground ;
- à 80 et 78, les New Pit Marls ;
- à 73 et 70, les Glynde Marls dont seuls les niveaux extrêmes sont bien exprimés ;
- à 55,50 et 54, les Southerham Marls.

Formation du Guet

42,50 à 38 : craie blanche à silex rares, avec à 42, le Caburn Marl surmontant un lit de silex digitiformes ramifiés.

Formation de Caffiers

38 à 0 puis 112 à 149 : craie blanche, fine, traçante, avec de nombreux lits de silex noirs en rognons, à épais cortex blanchâtre. Dans sa localité-type, la Formation de Caffiers est divisée en deux membres : à la base (de 38 à 120) le Membre du Pont de Caffiers dans lequel se développent des hardgrounds ; au-dessus (de 120 à 148), le Membre de la Gare de Caffiers, sans hardgrounds. Différents niveaux-repères (niveaux marneux, hardgrounds, lits de silex particuliers) existent dans la succession, de la base vers le sommet :

- à 37,20 et 36,20 : deux hardgrounds superposés séparés par un banc de craie à silex plus ou moins durci ;
- à 36, 35 et 34 : un faisceau de trois niveaux marneux verdâtres correspondant aux Bridgewick Marls ;
- entre 33 et 26 : un intervalle caractérisé par la présence de nombreux petits silex digitiformes, branchus, qui sont des bioturbations de type *Thalassinoides* silicifiées, et qui inclut plusieurs hardgrounds très fossilifères, spécialement riches en échinides (*Sternotaxis plana*, *Micraster leskei*) et en ammonites (*Subprionocyclus*

neptuni (Geinitz), *Lewesiceras mantelli* Wright et Wright, *Scaphites geinitzii* d'Orbigny, *Sciponoceras bohemicum bohemicum* (Fritsch)..., en particulier en 29 ;

- à 19,50 : le Lewes Marl ;
- à 6 : le Navigation Hardground ;
- à 0 : le Hope Gap Hardground ;
- à 115 : le Beeding Hardground.

Aucun niveau-repère n'a été identifié dans les 30 m supérieurs de la tranchée de Caffiers. Il convient cependant de remarquer la présence de plusieurs lits de silex tabulaires, de 1 à plusieurs centimètres d'épaisseur à 125, 131 et 132.

La succession des niveaux marneux dans les 103 m de craies turoniennes de la tranchée de Caffiers permet d'y reconnaître les 8 unités lithologiques isochrones, T1 à T8, définies par Amédéo et Robaszynski (sous presse, b) dans les falaises du Grand Blanc-Nez. L'intérêt de ces unités est de servir d'outils de corrélation dans les formations diachrones du nord de la France (Boulonnais, Aube) et du sud-est de l'Angleterre (Kent, Sussex). A noter sur le plan biostratigraphique que l'unité T8 correspond à la distribution verticale totale des *Micraster* à zones interporifères suturées, c'est-à-dire de *Micraster normanniae* Bucaille (Amédéo, Manivit, Robaszynski, 1979 ; Amédéo, Robaszynski, sous presse b). Deux autres événements biologiques apparemment synchrones, s'effectuent au tiers supérieur de l'intervalle, très exactement au niveau 11 : d'une part, la disparition des *Micraster* à zones interporifères lisses et concaves (*Micraster leskei*, *M. corbovis* Forbes) ; d'autre part, l'apparition de *Micraster* à zones interporifères marquées de bourrelets saillants, « renflées subdivisées » tels *M. decipiens* (Bayle) et *M. cortestudinarium* Goldfuss.

Coquelles

Une ancienne cimenterie située au sud de la route départementale 243 E, à 1,8 km de Coquelles vers Sangatte, montre un ensemble de deux carrières : Coquelles-Est et Coquelles-Ouest. Les deux affleurements exposent les mêmes niveaux de craie. Les premiers levés ont été effectués en 1975 dans la carrière de Coquelles-Ouest où un palier d'exploitation médian rendait le front de taille plus accessible. Le palier inférieur est aujourd'hui comblé

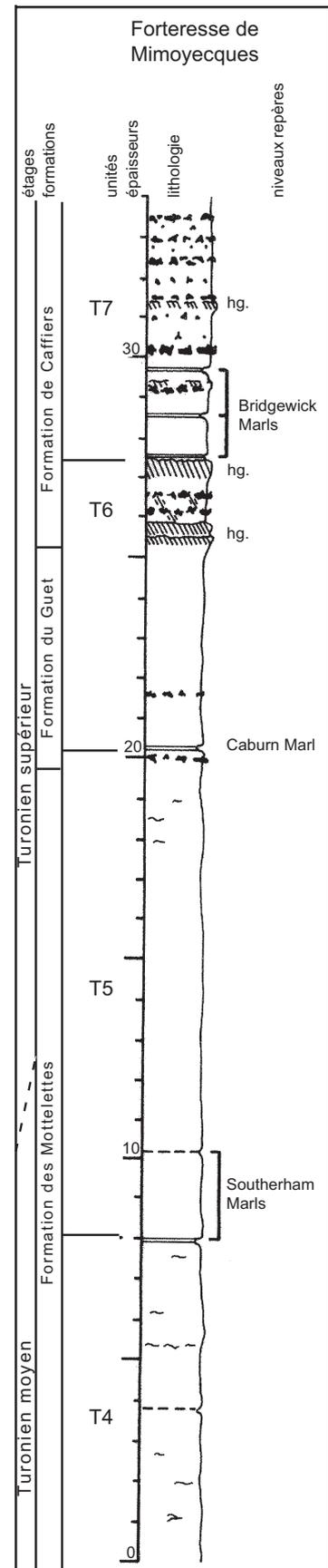


Fig. 4.- Lithologie des craies turoniennes à Mimoyecques.
Fig. 4.- Lithology of the Turonian chalk at Mimoyecques.

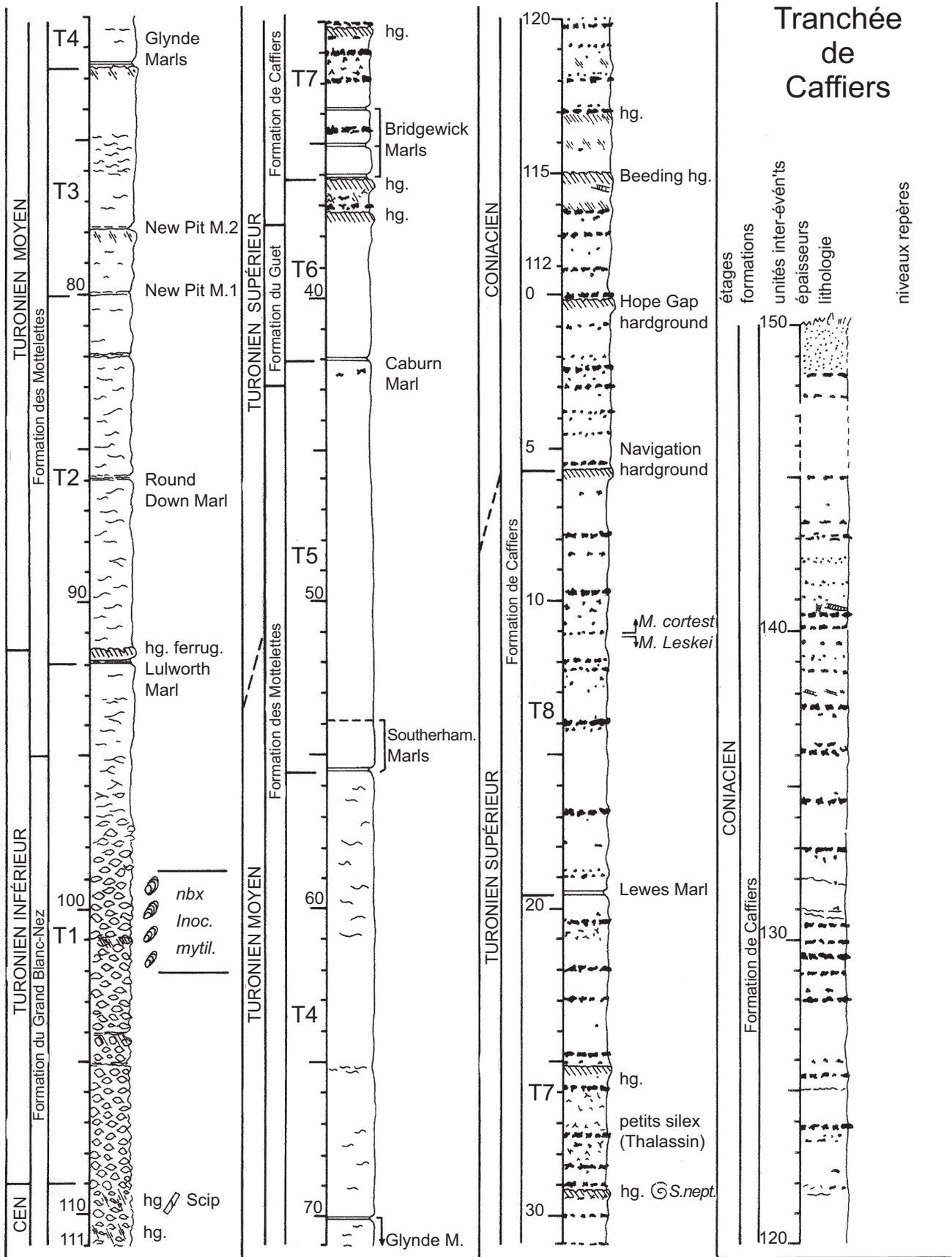


Fig. 5.- Lithologie des craies turoniennes à coniaciennes dans la tranchée de chemin de fer à Caffiers.

Fig. 5.- Lithology of the Turonian to Coniacian chalk in the railway cutting at Caffiers.

par les déblais de creusement du puits du tunnel sous la Manche de Sangatte ; cette partie de la coupe reste cependant visible dans la carrière de Coquelles-Est.

Le comblement de la carrière située au palier inférieur de Coquelles-Ouest, l'absence d'informations sur un intervalle de 2 m correspondant à la lacune d'observation entre les paliers inférieur et supérieur de Coquelles-Ouest et la recherche d'événements écologiques non encore identifiés et caractérisés par l'abondance d'inocérames, rendaient nécessaire une nouvelle description des craies à silex de Coquelles. C'est la raison pour laquelle un levé détaillé du front de la carrière de Coquelles-Est a été effectué en mars 2000 et complété par une révision du palier supérieur de Coquelles-Ouest. Tout en conservant le métrage d'Amédéo *et al.* (1979), la coupe est maintenant actualisée avec de nouvelles informations.

L'ensemble des craies à silex exposées dans les carrières de Coquelles-Est et Ouest a été nommé par Robaszynski, Amédéo coord. *et al.* (1980) : Membre de Coquelles. La coupe mesure 31 m d'épaisseur.

De la base jusqu'au sommet (fig. 6), il s'agit d'une craie blanche, fine et traçante, tendre, avec de nombreux lits de silex noirs en rognons. Une quinzaine de *Micraster coranguinum* (Klein) ont été recueillis sur toute la hauteur du palier inférieur. Au-dessus, l'espèce semble plus occasionnelle.

Deux niveaux riches en fragments d'inocérames existent en 11 et 19 et sont rapportés respectivement aux *Cladoceramus* events 1 et 2 du sud-est de l'Angleterre. Le niveau inférieur est celui signalé par Nick Robinson lors d'une excursion dirigée par les auteurs en 1984 pour la Geologists' Association (Robaszynski, Amédéo, 1986 b), mais dont la localisation sur la colonne stratigraphique n'avait pas été établie jusqu'à présent. Ce niveau-repère est visible à Coquelles-Est mais sa projection se trouve dans la lacune d'observation entre les paliers inférieur et supérieur de Coquelles-Ouest. Le niveau supérieur – ou *Cladoceramus* event 2 – est associé à un double lit de silex noduleux épais de 0,20 m à 0,25 m dont la description correspond à celle du Bedwell's Columnar Band du Kent (Robinson, 1986). Quelques mètres plus haut, entre 23 et 26 m, existe un intervalle dans lequel *Conulus albogalerus* Leske est

fréquent. Enfin, à 2 m sous le sommet de la carrière, au niveau 29, se distingue nettement un épais niveau de silex comparable au Whitaker's three Inch Band qui surmonte, comme son homologue anglais, un intervalle d'un peu plus d'un mètre où la craie est remplie de fragments d'inocérames (Bailey *et al.*, 1983 ; Robinson, 1986). L'interprétation proposée à partir des observations de terrain est confirmée par les données macro- et micropaléontologiques. D'une part, le foraminifère benthique *Stensioeina granulata polonica* Witwicka se présente sous sa forme typique et devient fréquent 3 m sous le Bedwell's columnar Band à Margate (Bailey *et al.*, 1983) et au niveau 15 à Coquelles. D'autre part, un autre foraminifère benthique : *Cibicides* aff. *excavatus* Brotzen (= *C. gr. beaumontianus* (d'Orbigny)) apparaît au niveau du Whitaker's three Inch Band dans le Kent et à partir du niveau 29 à Coquelles. Enfin, l'inocérame *Sphenoceramus cardissoides* (Goldfuss) est présent dans les deux cas quelques mètres au-dessus du Bedwell's columnar Band.

En définitive, même dans les craies à silex de Coquelles qui ne semblaient pas favorables à l'application d'une stratigraphie événementielle, l'observation détaillée de la coupe permet de mettre en évidence quatre niveaux-repères : le *Cladoceramus* event 1, le *Cladoceramus* event 2 associé au Bedwell's columnar Band, le niveau à *Conulus albogalerus* fréquent et le Whitaker's three Inch Band. A noter que, dans les publications antérieures, le Bedwell's columnar band avait été placé au niveau 16, soit 3 m plus bas qu'aujourd'hui, en raison de la découverte d'un silex en colonne conique de 40 cm de haut, rappelant les paramoudras (Amédéo, Manivit, Robaszynski, 1979 ; Robaszynski, Amédéo coord. *et al.*, 1980). En fait, ce type de silex existe et est relativement rare dans plusieurs lits de silex successifs. Deux exemplaires ont été observés en 1975 respectivement dans les niveaux 16 et 19 ; un autre est actuellement visible en 14.

Saint-Tricat

Le raccordement de la ligne à grande vitesse du TGV Nord à la ligne SNCF classique Calais-Boulogne à la hauteur de Saint-Tricat a nécessité la construction de deux ponts légèrement décalés l'un par rapport à l'autre, enjambant l'ensemble des voies ferrées, pour relier le village de

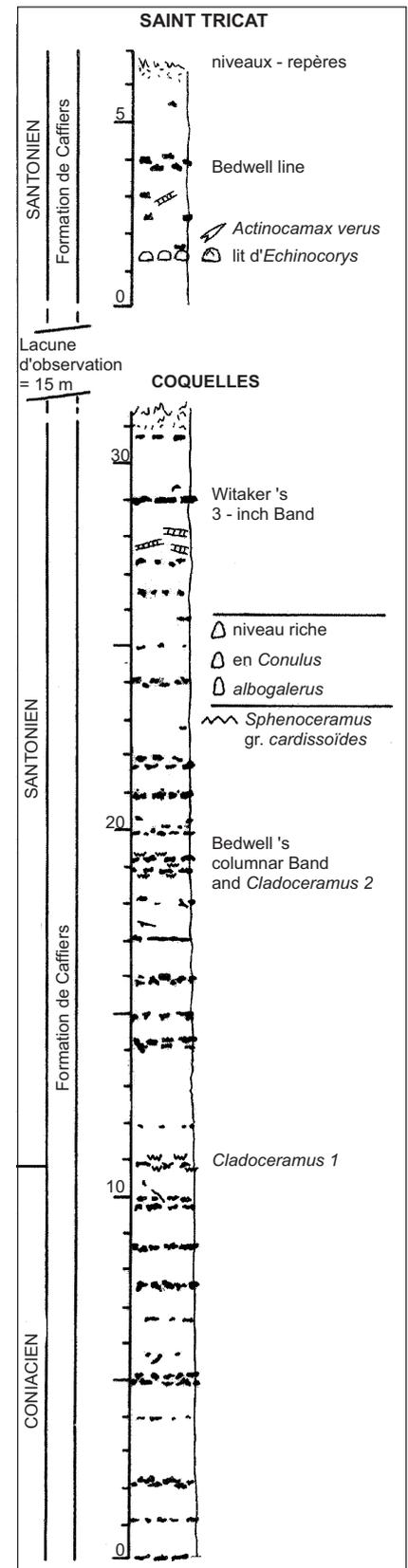


Fig. 6.- Lithologie des craies coniaciennes à santonniennes dans la carrière de Coquelles dans la tranchée de pont de chemin de fer à Saint-Tricat.

Fig. 6.- Lithology of the Coniacian to Santonian chalk in the Coquelles quarry in the railway bridge cutting at Saint-Tricat.

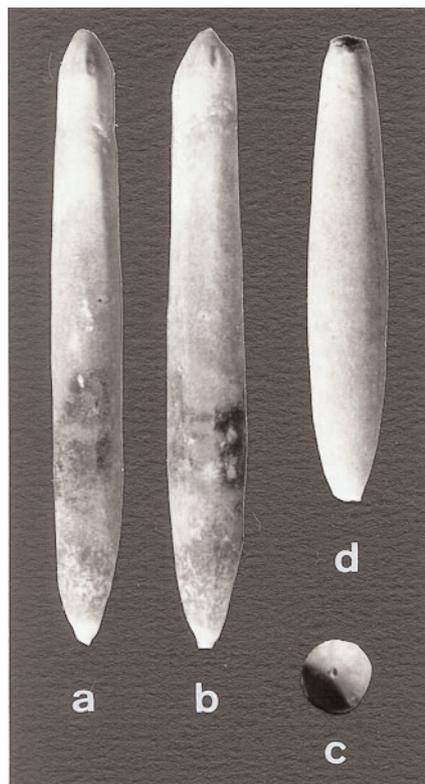


Fig. 7.- *Actinocamax verus* Miller, 1823. Deux spécimens d'un arrachement situé à quelques dizaines de mètres de la tranchée de Saint-Tricat et corrélé avec la base de la coupe (sous le banc à *Echinocorys elevata*) dans la partie supérieure du Santonien. Vues a-b-c : spécimen ST1 ; a : vue dorsale, b : vue latérale, c : vue antérieure, X 1,5. Vue d - spécimen ST2 ; vue dorsale, x 1,5. Les deux exemplaires, découverts par J.P. Vidier, font partie de la collection F. Amédéo à Calais.

Fig. 7.- *Actinocamax verus* Miller, 1823. Two specimens from a block lying several tens of metres from the Saint-Tricat cutting and correlated with the base of the section (beneath the bed with *Echinocorys elevata*) in the upper part of the Santonian. Views a-b-c: specimen ST1; a: dorsal view, b: lateral view, c: anterior view, x 1.5. View d - specimen ST2; dorsal view, x 1.5. The two specimens, discovered by J.P. Vidier, form part of the F. Amédéo collection at Calais.

Saint-Tricat au hameau de la Basse-Leulingue. Une tranchée creusée pour l'implantation de la pile ouest du pont surplombant les voies Calais-Boulogne a mis au jour de façon éphémère en 1990 quelques mètres de craies à silex dans des niveaux plus récents que ceux accessibles dans les carrières de Coquelles et dont l'existence n'était pas soupçonnée sur la bordure nord du Haut-Boulonnais. Les coordonnées Lambert Zone I de la coupe, aujourd'hui disparue, sont les suivantes x = 563,29 ; y = 1355,00.

De 0 à 6,50 m, c'est-à-dire sur toute la hauteur de la tranchée, était visible

(cf. fig. 6) une craie blanche, fine, traçante, tendre, contenant relativement peu de silex, quelques-uns étant épars dans la masse avec un horizon un peu plus riche vers 2,50 m, les autres formant un lit entre 3,80 m et 4,10 m. Cet unique lit de silex était constitué de rognons non-jointifs, décimétriques, noirs à l'intérieur et à cortex pelliculaire grisâtre. La craie a livré quelques spécimens de *Micraster coranguinum* et de *Conulus albogalerus* mais les deux faits les plus remarquables sont la présence à 1,40 m d'un banc d'échinides appartenant au genre *Echinocorys* et la récolte à 1,60 m d'un rostre de la bélemnite *Actinocamax verus* Miller (détermination W.K. Christensen, Copenhagen DK).

La conjugaison des caractères lithologiques et paléontologiques permet d'identifier deux niveaux-repères supplémentaires connus dans le Kent :

- à 1,40 m : l'*Echinocorys elevata* Band ;

- à 3,80 m/4,10 m : le Bedwell Line.

En addition, un petit arrachement latéral situé à quelques dizaines de mètres et corrélé avec la base de la coupe (sous le banc à *Echinocorys*) a livré 2 exemplaires supplémentaires d'*Actinocamax verus* (fig. 7). Cet intervalle à *A. verus* est connu en Angleterre immédiatement sous l'*Echinocorys elevata* Band, où il mesure 2 m d'épaisseur (Bailey *et al.*, 1983, Christensen, 1991). Il s'agit également d'un niveau-repère.

Malgré l'épaisseur réduite de la coupe, la tranchée de Saint-Tricat est très intéressante. C'est en effet la première fois que la présence d'un horizon à *Actinocamax verus* est démontrée dans la partie nord du Boulonnais. Jusqu'à présent, l'espèce était uniquement citée dans la craie des environs de Saint-Omer, à 35 km au sud-est (Danglure, 1863 ; Destombes, 1971 b), mais sans localisation stratigraphique précise.

Au point de vue micropaléontologique, les 6,50 m de craies ont livré de nombreux petits foraminifères benthiques et quelques foraminifères planctoniques (FP).

Sur toute la hauteur de l'affleurement on note la présence de :

Praebulimina sp., *Lenticulina* sp., *Fronicularia* sp., *Ataxophragmium variable* (d'Orb.), *Gyroidinoides nitida*

(Reuss), *Arenobulimina* spp., *Gavelinella lorneiana* (d'Orb.), *G. pertusa* (Marsson) *Globorotalites micheliniana* (d'Orb.), *G. subconica* Morrow, *Stensioeina granulata incondita* (Koch), *S. exsculpta* (Reuss), *S. exsculpta gracilis* Brotzen, *S. polonica* Witwicka, *Osangularia whitei* (Brotzen), *O. navarroana* (Cushman), *Loxostomum eleyi* (Cushman), *Reussella* cf. *cushmani* Brotzen, *Angulogavelinella bettenstaedti* Hofker, *Gavelinella stelligera* (Marie), *G. cristata cristata* (Goel), *Neoflabellina deltoidea* (Wedekind), *N. beaudouiniana* (d'Orb.), *N. suturalis* (Cushman), *Reussella szajnochae praecursor* (De Klasz, KN) *Cibicides beaumontianus* (d'Orb.), *Globotruncana* gr. *bulloides* (Vogler) et gr. *linneiana* (d'Orb.) (FP).

Cette association indique un âge santonien. La présence de *Reussella szajnochae praecursor* et de *Cibicides beaumontianus* fait attribuer les 4 m de base à la biozone S/d tandis que les 2 m supérieurs appartiennent à la biozone S/e par la présence de *Gavelinella cristata cristata* (fig. 8). Cette biozone S/e est la troisième zone du Santonien (qui en compterait quatre suivant Monciardini, 1994) connu sur la feuille de Marquise et elle n'a été mise en évidence qu'au Mont Fouret, à 1 km environ au nord-est des Noires-Mottes.

Comparaison entre les craies à silex du Turonien supérieur au Santonien du Kent (U.K.) et du Boulonnais (F.)

La suite lithologique des craies à silex du Turonien supérieur au Santonien visibles de part et d'autre de la Manche, dans les falaises du Kent d'une part, et dans les sections du Boulonnais d'autre part, est présentée à la figure 9, avec en regard la liste des niveaux-repères. La comparaison des successions appelle un certain nombre de remarques.

- La plupart des niveaux-repères correspondant à des événements à caractère lithologique ou écologique définis dans le sud-est de l'Angleterre sont communs avec ceux décrits dans le Nord de la France. Les quelques exceptions sont surtout des marqueurs non encore identifiés sur la côte française en raison de lacunes d'observation.

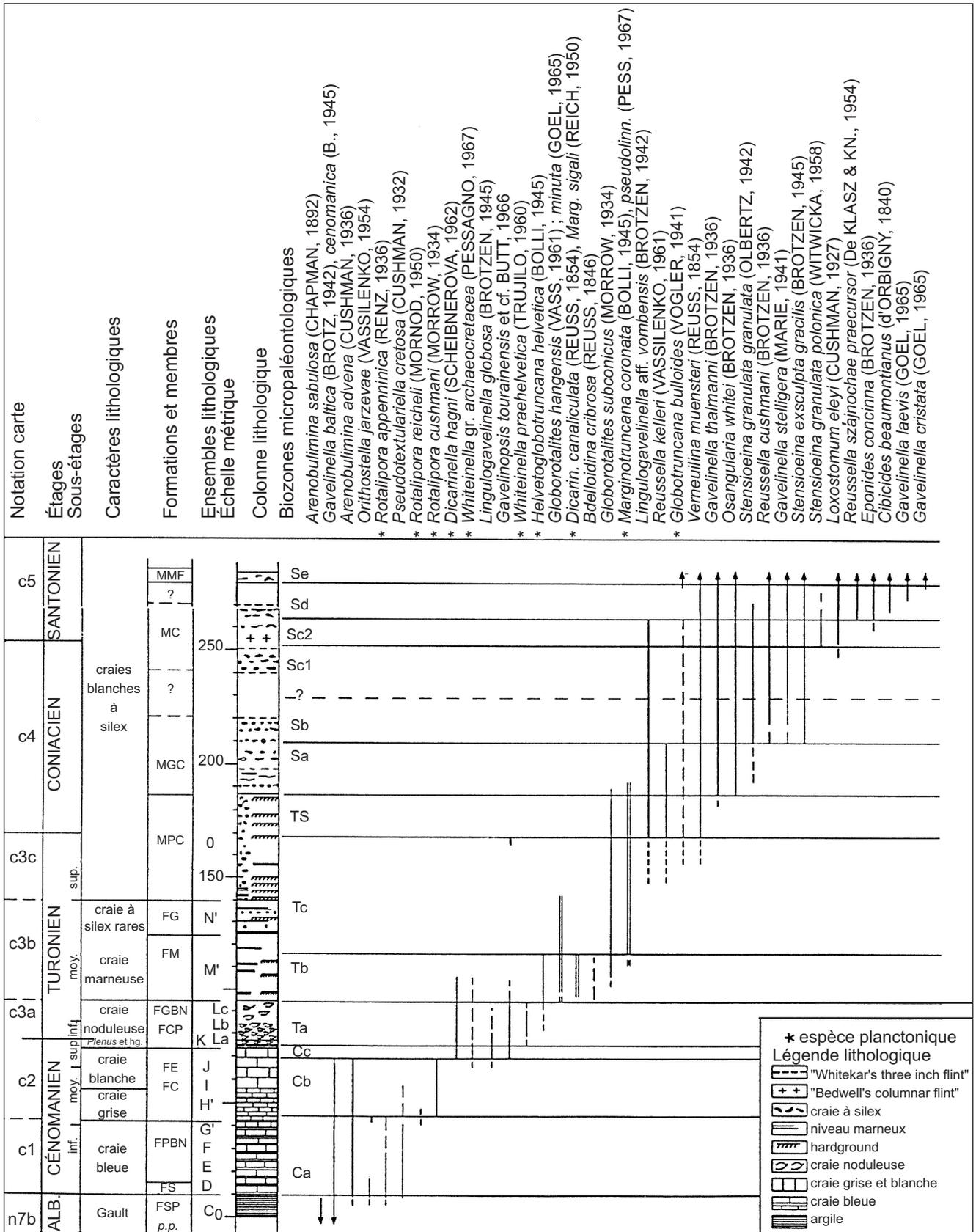


Fig. 8.- Distribution verticale des foraminifères benthiques et planctoniques dans les craies du Boulonnais : biozones micropaléontologiques et correspondance avec les notations de la carte à 1/50 000, feuille de Marquise (selon Robaszynski in Mansy coord., sous presse).

Fig. 8.- Vertical distribution of benthic and planktonic foraminifera in the Boulonnais chalk: micropaleontological biozones and correspondance with the notations of the 1:50,000 - scale Marquise geological map (after Robaszynski in Mansy coord., in press).

- Malgré la discontinuité des affleurements, l'enregistrement sédimentaire apparaît sensiblement plus important dans le Boulonnais que dans le Kent. Si l'on considère par exemple l'intervalle compris entre la base des Southerham Marls et le Navigation Hardground, l'augmentation d'épaisseur des couches s'effectue suivant un rapport de 1 à 1,8.

- Il devient possible d'estimer l'importance des lacunes d'observation séparant les coupes de Caffiers, Coquelles et Saint-Tricat. Entre les deux premières, la lacune ne doit pas excéder 5 à 7 m. Entre les deux dernières, une estimation raisonnable est de 15 à 20 m.

- Dans le Turonien, les niveaux marneux utilisés comme repères sont des niveaux volcanogènes (bentonites) qui correspondent à des événements quasi-instantanés. Ces niveaux constituent des lignes-temps précises et servent de base pour la définition d'unités inter-événements T1 à T8, isochrones, aisément repérables dans toutes les coupes quels que soient les faciès (Amédéo, Robaszynski, sous presse b).

- Si la succession des formations reste la même dans le sud-est de l'Angleterre et le Nord de la France, la limite inférieure de la craie blanche à silex rares de la Formation du Guet montre un net diachronisme entre les coupes. En effet, les premiers silex sont visibles à Douvres 3 m au-dessus des Glynde Marls, à la base de l'unité T4. Au Cap Blanc-Nez, leur apparition se fait 1 m sous les Southerham Marls, au sommet de la même unité. A Mimoyecques et à Caffiers, le premier lit de silex se trouve immédiatement sous le Caburn Marl, au sommet de l'unité T5. Ceci entraîne une réduction progressive de l'épaisseur de la craie à silex rares de la Formation du Guet du nord-ouest vers le sud-est. En revanche, la limite entre la Formation du Guet et la craie blanche à nombreux silex de la Formation de Caffiers reste synchrone.

- L'intervalle compris entre la base des Bridgewick Marls et le Lewes Marl, c'est-à-dire l'unité T7, est représenté dans la tranchée de Caffiers par 18 m de craies débutant à la base par un faisceau de trois niveaux marneux. A 10 km au nord-ouest, au Cap Blanc-Nez, la succession est contractée sur 10 m d'épaisseur avec, à la base, une réduction du nombre

des Bridgewick Marls à 2. Cette évolution s'accroît encore à Douvres où le développement des phénomènes d'induration condense l'intervalle sur une hauteur de 4,50 m seulement, avec, au-dessus de la paire des Bridgewick Marls, la superposition de quatre hardgrounds. Ce banc de craie noduleuse correspond au Chalk-Rock des auteurs anglais (Gale, Woodroof, 1981 ; Bailey *et al.*, 1983).

- Dans la partie inférieure du Coniacien, il y a continuité de part et d'autre de la Manche de tous les hardgrounds utilisés comme marqueurs lithologiques (Navigation Hg., Hope Gap Hg. et Beeding Hg.). A l'inverse, dans la partie moyenne de l'étage, l'East Cliff Marl et les Hope Point Marls, bien visibles dans la falaise immédiatement à l'est du port de Douvres (Gale, Smith, 1982 ; Robinson, 1986) et situés respectivement 12 m et 19 m au-dessus du Beeding Hardground, n'ont pas été repérés dans la tranchée de chemin de fer de Caffiers. Mais, curieusement, plusieurs minces lits de silex tabulaires existent à l'emplacement présumé des niveaux marneux à Caffiers, respectivement à 125 et entre 131 et 132 (cf. fig. 5). Il est peu probable que cette double coïncidence soit le fait du hasard, ce qui suscite une question : les niveaux marneux originellement présents n'auraient-ils pas été oblitérés par une silicification ? Deux arguments macro- et micropaléontologiques confortent l'idée d'une corrélation entre les niveaux marneux du Kent et les lits de silex tabulaires du Boulonnais.

Premier argument : la base de la zone d'échinide à *Micraster coranguinum* est prise à Douvres au niveau de l'East Cliff Marl (Bailey *et al.*, 1983 ; Jenkyns *et al.*, 1994). *Micraster cortestudinarium* (ou *M. decipiens* auct.) et *M. coranguinum* possèdent tous deux des zones interporifères marquées de bourrelets saillants, et à suture ambulacraire très nette formant un sillon. La distinction entre les deux espèces est basée sur la largeur du sillon : « subdivisé » chez *M. cortestudinarium*, « divisé » chez *M. coranguinum*. L'appréciation de ce caractère est difficile et subjective (Barrois, 1978). C'est la raison pour laquelle aucun *M. coranguinum* n'avait été identifié par Amédéo, Manivit, Robaszynski (1979) dans la tranchée de Caffiers. Les travaux de Fouray (1981) et de Fouray et Martin (1984) sur les

Micraster des craies de Haute-Normandie ont montré depuis l'importance des zones périplastrales comme critère de détermination spécifique. La morphologie des zones périplastrales évolue en effet avec le temps et la distinction entre *M. cortestudinarium* à zones périplastrales de type verruqueux (c'est-à-dire ornées de granules agglomérés en verrues en relief) et *M. coranguinum* à zones périplastrales de type tuberculeux (pourvues de gros granules très en relief) devient plus aisée. En utilisant ce caractère, les premiers *M. coranguinum* apparaissent à Caffiers à 118,50, soit 6,50 m sous la position présumée de l'East Cliff Marl.

Deuxième argument : le foraminifère benthique *Stensioeina granulata* (Olbertz) apparaît dans les craies du sud-est de l'Angleterre aux environs de l'East Cliff Marl (Bailey *et al.*, 1983) et dans l'intervalle 125-129 à Caffiers.

La conjugaison de ces événements biologiques qui encadrent le lit de silex tabulaire présent au niveau 125 à Caffiers rend très probable sa corrélation avec l'East Cliff Marl.

- La limite inférieure de l'étage Santonien est définie par l'apparition de l'inocérame *Cladoceramus undulatopectatus*. Deux lits riches en *Cladoceramus* sont présents dans les craies du Kent : le premier situé à 4,50 m sous le Bedwell's Columnar Band, le second associé au Bedwell's Columnar Band lui-même (Robinson, 1986). L'identification de ces deux niveaux-repères dans les carrières de Coquelles permet maintenant de situer avec une bonne précision la limite Coniacien-Santonien dans les craies du Boulonnais.

- La dernière remarque concerne la position stratigraphique de la section de Saint-Tricat. La corrélation à l'aide des trois niveaux-repères mis en évidence démontre que l'on se trouve à la limite entre la Zone à *Unitacrinus socialis* et la Zone à *Marsupites testudinarius*, même si les index de zone n'ont pas été identifiés dans cet affleurement éphémère. L'existence de niveaux élevés dans la partie supérieure de l'étage Santonien n'était pas soupçonnée jusqu'à présent dans le haut-plateau crayeux formant la bordure nord du Boulonnais. Malgré l'absence du crinoïde caractéristique, la stratigraphie événementielle montre son intérêt en permettant un repérage rapide et précis sur le terrain.

Les craies santonniennes sur la feuille de Marquise

Dans l'édition antérieure de la feuille de Marquise (Hatrival coord., 1971), J.P. Destombes (1971 a) ne nommait pas le Santonien dans les craies blanches à silex attribuées à un « Turonien supérieur - Sénonien » indifférencié. Il signalait seulement la présence de « *Micraster cordesudinarium* et *Inoceramus involutus* », fossiles caractéristiques du Coniacien.

L'utilisation systématique de la micropaléontologie pour les besoins de la cartographie des craies dans le bassin de Paris (Monciardini, 1994), a permis de dresser une échelle de biozones de foraminifères benthiques dont découlent les attributions chronostratigraphiques. C'est cette échelle, actualisée pour les limites d'étages, qui a servi de base aux attributions adoptées pour la feuille de Marquise (cf. fig. 8 selon Robaszynski in Mansy coord., sous presse).

Quatre biozones définissent le Santonien, du bas vers le haut :

- biozone S/c2 (partie inférieure du Santonien), qui commence avec le développement de *Stensioeina polonica* Witwicka et de *Loxostonum eleyi* (Cushman) ; à noter que l'apparition des premières *S. polonica* s'effectue sous la base du Santonien définie par l'apparition de *C. undulatopectatus* ;

- biozone S/d (partie moyenne du Santonien), marquée par les apparitions successives de *Eponides concinna* Brotzen, *Reussella szajnochae praecursor* (De Klasz et KN.) et de *Cibicides beaumontianus* (d'Orb.) ;

- biozone S/e (partie supérieure du Santonien) : immédiatement reconnais-

sable par l'apparition de *Gavelinella cristata* (Goel) ;

- biozone S/f (partie terminale du Santonien) : avec l'apparition de *Bolivinoidea strigillatus* (Chapman).

Une quinzaine d'affleurements ont fourni 23 échantillons attribuables à l'une ou l'autre des trois premières biozones du Santonien. Tous les points visités se trouvent répartis sur le glacis nord du Boulonnais allant du bord de la cuesta crétacée jusqu'à la plaine maritime. La surface couverte par le Santonien, souvent sous une certaine épaisseur de Quaternaire et parfois de Tertiaire, n'est donc pas négligeable. Dans tous les cas, il s'agit de craies blanches fines contenant quelques lits de silex à la base, les silex se raréfiant vers le haut.

Les principaux points attribuables au Santonien au moyen de la micropaléontologie sont localisés (cf. carte IGN 1/25 000 2103 ET) dans de petites carrières éphémères, le long de talus de route rafraîchis, dans des fondations de bâtiments ou sur les flancs de tranchées de travaux publics : Route Nationale 1 : le Dimage, le Petit Wandin, l'Anglaise, le Bas-Buisson, le Haut-Buisson ; les Monts de Havelinghen ; le Mont de Sombre : sommet ; le Calvaire du Mont d'Escalles : sous quelques mètres de Quaternaire et de Tertiaire traversés par sondage à la tarière ; le Mont d'Hubert : sommet ; les Noires-Mottes : le sommet du Grand Fond, la borne 146 ; le Mont Fourret ; le carrefour de la Belle-Vue ; la route vers le Petit Sacquelet ; le Mont Saint-Martin : sommet ; Coquelles : sommet des anciennes carrières ; Peuplingues : les Trois Cheminées, les Moulins ; Bonningues : rue H. Level ; Pihen : le Moulin.

Conclusions

Les « craies blanches à silex » du Turonien supérieur au sommet du Santonien connues dans le Boulonnais ont une composition assez homogène qui ne permet pas d'effectuer une distinction commode sur le terrain par le faciès. Par ailleurs, les macrofossiles n'étant pas très abondants à partir du Coniacien, il était nécessaire d'engager l'étude micropaléontologique des foraminifères benthiques pour disposer d'une information biostratigraphique précise. Toutefois, la mise en évidence dans les craies de l'Europe occidentale de 18 événements à caractère lithologique ou bio-écologique dans l'intervalle Turonien supérieur-Santonien dont 12 ont été repérés dans le Boulonnais permet maintenant d'avoir une idée précise de la position stratigraphique d'un petit affleurement pour autant que l'un ou l'autre des niveaux-repères ait été reconnu et caractérisé.

De plus, ces niveaux-repères soutiennent des corrélations à courte ou moyenne distance dans un même bassin, par exemple, pour le bassin de Paris, entre le Boulonnais et le Kent.

Remerciements

M. W.K. Christensen (Copenhague, DK) a assuré la détermination des *Actinocamax verus*. M. J.P. Vidier (Coulogne, F) nous a fait connaître la tranchée SNCF de Saint-Tricat et nous a confié le matériel de sa collection. MM. B. Matrimon et R. Touch (Troyes) nous ont apporté leur aide pour le levé des carrières de Coquelles-Est. Qu'ils en soient chaleureusement remerciés.

Références

- Amédéo F., Bidar A., Damotte R., Manivit H., Robaszynski F., Sornay J. (1978) - Echelles biostratigraphiques dans le Turonien du Cap Blanc-Nez (Pas-de-Calais, France). *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, **15**, 2, 3-20.
- Amédéo F., Collete C., Pietresson De Saint-Aubin J., Robaszynski F. (1982) - Le Turonien supérieur à *Romaniceras (Romaniceras) deverianum* de l'Aube (France). *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, **19**, 2, 29-37.
- Amédéo F., Manivit H., Robaszynski F. (1979) - Echelles biostratigraphiques du Turonien au Santonien dans les craies du Boulonnais (macro-, micro-, nannofossiles). *Ann. Soc. géol. Nord*, **98**, 287-305.
- Amédéo F., Robaszynski F. (1978) - *Peroniceras*, faunes et microfaunes associées dans le Nord de la France. Comparaison de quelques sections dans le Turonien - Coniacien. *Ann. Soc. géol. Nord*, **98**, 35-50.
- Amédéo F., Robaszynski F. (1999) - Les craies cénomaniennes du Boulonnais (France). Comparaison avec l'Aube (F.) et le Kent (U.K.). *Géologie de la France*, n° 2, 33-53.

- Amédéo F., Robaszynski F. (sous presse, a) - Les craies cénomaniennes du Cap Blanc-Nez (France) au regard de la stratigraphie événementielle. Extension géographique de niveaux-repères du bassin anglo-parisien (Boulonnais, Kent, Normandie) à l'Allemagne du Nord. *Bull. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*.
- Amédéo F., Robaszynski F. (sous presse, b) - Les craies turoniennes du Boulonnais (France) au regard de la stratigraphie événementielle. Comparaison avec le Kent (UK) et la Normandie (F). *Bull. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*.
- Amédéo F., Robaszynski F., Collete C., Fricot C. (1997) - Les craies du Cénomaniens-Turonien de l'Aube et du Boulonnais : des événements litho- et biosédimentaires communs. *Ann. Soc. géol. Nord*, **5**, (2), 189-197.
- Bailey H. W., Gale A.S., Mortimore R.N., Swiecicki A., Wood C.J. (1983) - The Coniacian-Maastrichtian stage boundaries of United Kingdom, with particular reference to southern England, *Newsletters Stratigr.*, **12**, 19-42.
- Bailey H.W., Gale A.S., Mortimore R.N., Swiecicki A., Wood C.J. (1984) - Biostratigraphical criteria for the recognition of the Coniacian to Maastrichtian stage boundaries in the Chalk of north-west Europe with particular reference to southern England. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, **33**, 31-39.
- Barrois Ch. (1873) - Comparaison des assises crétacées mises au jour dans les tranchées du chemin de fer de Saint-Omer à Boulogne avec celles du Blanc-Nez. *Mém. Soc. Sci. Agric. Arts Lille*, **3**, 11, 63-75.
- Barrois Ch. (1875) - La zone à *Belemnites plenus*. Etude sur le Cénomaniens et le Turonien du Bassin de Paris. *Ann. Soc. géol. Nord*, **2**, 146-193.
- Barrois Ch. (1876) - Recherches sur le Terrain Crétacé supérieur de l'Angleterre et de l'Irlande. *Mém. Soc. géol. Nord*, **1**, 232 p.
- Barrois Ch. (1878) - Mémoire sur le terrain crétacé des Ardennes et des régions voisines. *Ann. Soc. géol. Nord*, **5**, 227-487.
- Bedwell F.A. (1874) - The Isle of Thanet. The ammonite zone, the depth of the Chalk in section, and continuity of its flint floorings. *Geol. Mag.*, **11**, 16-22.
- Bengtson P. coord. (1996) - The Turonian stage and substage boundaries. *Bull. Inst. royal Sci. nat. Belgique ; Sci. Terre*, **66**, suppl., 69-79.
- Birkelund T., Hancock J.M., Hart M.B., Rawson P.F., Remane J., Robaszynski F., Schmid F., Surlyk F. (1984) - Cretaceous stage boundaries – Proposals. *Bull. geol. Soc. Denmark*, **33**, 3-20.
- Briquet A. (1920) - Turonien supérieur et Sénonien inférieur dans le Nord de la France. *Ann. Soc. géol. Nord*, **44**, 1-11.
- Christensen W.K. (1991) - Belemnites from the Coniacian to Lower Campanian chalks of Norfolk and southern England. *Palaeontology*, **34**, 695-749.
- Danglure E. (1863) - Note sur la craie des environs de Saint-Omer (Pas-de-Calais). *Bull. Soc. géol. Fr.*, **2**, 21, 90-93.
- Destombes J.P. (1971 a) - Terrains crétacés (carte, notice). In: Hatrival J.N. coord., Bonte A., Broquet P., Destombes J.P., Goulliart M., Hoyez B., Somme J. Carte géologique de la France 1/50 000, feuille de Marquise (3). BRGM, Orléans, 23 p.
- Destombes J.P. (1971 b) - Terrains crétacés. In: Bonte A., Destombes J.P., Thibaut P.M., Somme J., Ramon S. Notice explicative. Carte géologique de la France 1/50 000, feuille de Guines (6). Orléans, BRGM, 17 p.
- Ernst G., Schmid F., Seibert E. (1983) - Event – Stratigraphie im Cenoman und Turon von NW-Deutschland. *Zitteliana*, **10**, 531-554.
- Fouray M. (1981) - L'évolution des *Micraster* (échinides, spatangoïdes) dans le Turonien-Coniacien de Picardie occidentale (Somme). Intérêt biostratigraphique *Ann. Paléont. (Invert.)*, **67**, 2, 81-134.
- Fouray M., Martin C. (1984) - Clefs de détermination des *Micraster* du bassin de Paris sur des populations de la craie du Vimeu. *Bull. Ass. Géol. Aubeoise*, année 1983, 4-13.
- Gale A.S. (1996) - Turonian correlation and sequence stratigraphy of the Chalk in southern England. In: Hesselbo S.P., Parkinson D.N. (edit), 1996, Sequence Stratigraphy in British geology. *Geol. Soc. Spec. publ.*, **103**, 177-195.
- Gale A.S., Montgomery P., Kennedy W.J., Hancock J.M., Burnett J.A., Mc Arthur J.M. (1995) - Definition and global correlation of the Santonian Campanian boundary. *Terra Nova*, **7**, 611-622.
- Gale A.S., Smith A.B. (1982) - The palaeogeobiology of the irregular echinoids *Infulaster* and *Hagenowia*. *Palaeontology*, **25**, 11-42.
- Gale A.S., Woodroof P.B. (1981) - A Coniacian ammonite from the « Top Rock » in the Chalk of Kent. *Geol. Mag.*, **118**, 557-560.
- Hancock J.M., Gale A.S. (1996) - The Campanian stage. *Bull. Inst. Royal Sci. Nat. Belgique, Sci. Terre*, **66** suppl., 103-109.
- Hatrival J.N. coord. (1971) - Carte géologique à 1/50 000, feuille de Marquise et notice. BRGM, SGN, Orléans.
- Jenkyns H.C., Gale A.S., Corfield R.M. (1994) - Carbon - and oxygen - isotope stratigraphy of the English Chalk and Italian Scaglia and its palaeoclimatic significance. *Geol. Mag.*, **131**, 1-34.
- Kauffman E.G., Kennedy W.J., Wood C.J. (1996) - The Coniacian stage and substage boundaries. *Bull. Inst. Royal Sci. Nat. Belgique, Sci. Terre*, **66** suppl., 81-94.
- Lamolda M.A., Hancock J.M. (1996) - The Santonian Stage and substages. *Bull. Inst. Royal Sci. Nat. Belgique, Sci. Terre*, **66** suppl., 95-102.
- Mansy J.L. coord. (sous presse) - Carte géologique à 1/50 000, feuille de Marquise, BRGM.
- Monciardini C. (1978) - Biozones de foraminifères et faciès du Turonien dans le Nord du bassin de Paris. BRGM, *Bull. BRGM, Fr.*, Section I, n° 3, 207-233.
- Monciardini C. (1994) - Biozones de foraminifères et stratigraphie du Crétacé. In: Pomerol B., Monciardini C. : Notice explicative de la carte géologique de la France 1/50 000, feuille de Troyes (298). Orléans, BRGM, 56 p.
- Mortimore R.N. (1983) - The stratigraphy and sedimentation of the Turonian-Campanian in the Southern Province of England. *Zitteliana*, **10**, 27-41.
- Mortimore R.N. (1986) - Stratigraphy of the Upper Cretaceous White Chalk of Sussex. *Proc. Geol. Assoc.*, **97**, 97-139.
- Mortimore R.N. (1987) - Upper Cretaceous Chalk in the North and South Downs, England : a correlation. *Proc. Geol. Assoc.*, **98**, 77-86.

- Mortimore R.N., Pomerol B. (1987) - Correlation of the Upper Cretaceous White Chalk (Turonian to Campanian) in the Anglo-Paris Basin. *Proc. Geol. Assoc.*, **98**, 97-143.
- Robaszynski F. coord. (1983) - Conclusions au colloque sur le Turonien - Echelles biostratigraphiques intégrées. *Mém. Mus. nat. Hist. nat., Paris, C*, 49, 209-230.
- Robaszynski F., Amédéo F. (1986 a) - The Cretaceous of the Boulonnais (France) and a comparison with the Cretaceous of Kent (United Kingdom). *Proc. Geol. Assoc.*, **97**, 2, 171-208.
- Robaszynski F., Amédéo F. (1986 b) - Report of a Field meeting to the Cretaceous of the Boulonnais, Northern France, 28-30 September 1984. *Proc. Geol. Assoc.*, **94** (2), 209-212.
- Robaszynski F., Amédéo F. (coord.), Foucher J.C., Gaspard D., Magniez-Jannin F., Manivit H., Sornay J. (1980) - Synthèse biostratigraphique de l'Aptien au Santonien du Boulonnais à partir de sept groupes paléontologiques : foraminifères, nannoplancton, dinoflagellés et macrofaunes. *Rev. Micropal.*, **22**, 4, 195-321, 20 pls.
- Robinson N.D. (1986) - Lithostratigraphy of the Chalk Group of the North Downs, southeast England. *Proc. Geol. Assoc.*, **97**, 141-170.
- Rowe A.W. (1900) - The zone of the White Chalk of the English coast. I. Kent and Sussex. *Proc. Geol. Assoc.*, **16**, 289-368.
- Vanderaverot P., Amédéo F., Collete C., Deconinck J.F., Recourt P., Robaszynski F. (2000) - Caractérisation et extension de niveaux-repères de bentonites dans le Turonien supérieur du Bassin de Paris (Boulonnais, Aube). *Geodiversitas*, **22** (3), 457-469.
- Walaszczyk I., Wood C.J. (1998) - Inoceramids and biostratigraphy at the Turonian/Coniacian boundary; based on the Salzgitter – Salder Quarry, Lower Saxony, Germany, and the Slupia Nadbrezna section, Central Poland. *Acta Geol. Polonica*, **48**, 4, 395-434.
- Whitaker W. (1865) - On the Chalk of the Isle of Thanet. *Q.J. geol. Soc. London*, **21**, 289-367.