



# *Société Géologique du Nord*

*ANNALES*

**Tome 21 (2<sup>e</sup> série)**  
*parution 2014*



**SOLETANCHE BACHY**



SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD  
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

ISSN 0767-7367

# SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

## Extraits des Statuts

La Société Géologique du Nord a pour objet de concourir à l'avancement de la Géologie en général (Sciences de la Terre s. l.), et plus particulièrement de la Géologie des régions du nord de la France et de l'Europe. La Société se réunit plusieurs fois dans l'année. Elle publie des *Annales* mises en vente selon un tarif établi par le Conseil d'administration. Les sociétaires bénéficient d'un tarif préférentiel. Le nombre des membres de la Société est illimité. Pour en faire partie, il faut s'être fait présenter dans l'une des séances par deux membres de la Société (« parrains ») et y avoir été proclamé membre.

## Extraits du Règlement Intérieur

Les *Annales* et leurs suppléments éventuels constituent le compte rendu des séances. Seuls les membres ayant acquitté leurs cotisation et abonnement depuis trois années consécutives peuvent publier aux *Annales*. L'ensemble des notes présentées au cours d'une même année, par un auteur, ne peut dépasser le total de 8 pages, une planche photo étant comptée pour 2 pages 1/2 de texte. Le Conseil d'administration peut, par décision spéciale, autoriser la publication de notes plus longues. Les notes originales (texte et illustrations) communiquées à la Société et destinées aux *Annales* doivent être remises au secrétariat le jour même de leur présentation.

## Avertissement

La Société Géologique du Nord ne peut en aucun cas être tenue pour responsable des actes ou des opinions de ses membres.

## Diffusion des articles des *Annales*

La SGN n'imprime plus de tirages à part sur papier de ses articles. Ceux-ci sont diffusés sous forme électronique pdf (Portable Document Format) aux conditions définies par le Conseil d'administration :

- pour un auteur membre de la SGN : pdf gratuit (sous réserve que l'auteur se sera acquitté des frais de dépassement au cas où l'article ferait plus de 8 ou 10 pages) ;
- pour un 1<sup>er</sup> auteur non-membre : pdf gratuit (sous réserve que l'auteur se sera acquitté des frais de publication appliqués aux non-membres).

Pour toute autre personne désirant acquérir un article des *Annales*, il lui sera fourni au format pdf contre la somme de 20 € TTC (tarif réduit de 10 € TTC pour un étudiant sur présentation d'un justificatif).

## Cotisations et Abonnements (2015)

	QUALITÉ	COTISATION	ABONNEMENT aux Annales	TOTAL
France et Union Européenne.	Personnes physiques	12 € T.T.C.	30 € T.T.C.	42 € T.T.C.
Autres Pays	Personnes physiques	12 € T.T.C.	35 € T.T.C.	47 € T.T.C.
Tous Pays	Personnes morales	55 € T.T.C.	55 € T.T.C.	110 € T.T.C.

Abonnement des étudiants sur présentation d'un justificatif : 50% de réduction.

Abonnement des non-membres : FRANCE : 55 € T.T.C. — Union Européenne : 55 € H.T. — Autres Pays : 55 € H.T.

## Annales de la Société Géologique du Nord

La vente s'effectue par tomes entières aux prix suivants, jusqu'à épuisement du stock. Seuls les fascicules thématiques sont en vente séparément (voir ci-dessous).

Chaque Tome ordinaire des *Annales* (dans la limite de disponibilité des anciens numéros) ..... 10 €  
La série complète des *Annales* (dans la limite de disponibilité des anciens numéros) ..... 120 €

## Tables générales des *Annales*, des *Mémoires* et des *Publications* de la SGN

Table 1 (Tomes I à XX), Table 2 (Tomes XXI à XXX), Table 3 (Tomes XXXI à XL), Table 4 (Tomes XLI à LXXIX), Table 5 (Tomes LXXX à XCIX) ..... 8 € par Table  
La Table 6 (*Annales* T. C de 1980 au T. 19 [2<sup>e</sup> série] de 2012 ; T. XIII à XVI des *Mémoires* ; T. 1 à 33 des *Publications*) est accessible en ligne en version numérique : <http://geosystemes.univ-lille1.fr/sgn/pdf/SGNcomplet.pdf>, et en version imprimée à la fin du tome 20 des *Annales* (2013).

Les Tables générales 1 à 5 des *Annales* et des *Mémoires* (1870 à 1979), les tomes I à CIX (1<sup>ère</sup> série, 1875-1989) et 1 à 16 (2<sup>e</sup> série, 1991-2009) des *Annales*, et les Tomes I (1876) à XVI (1983) des *Mémoires* sont numérisés et accessibles gratuitement en ligne sur le site IRIS (bibliothèque numérique de l'Université Lille 1) aux adresses suivantes : <http://iris.univ-lille1.fr/handle/1908/32/browse> et <http://iris.univ-lille1.fr/handle/1908/75/browse>. Les tomes suivants des *Annales* et des *Mémoires* seront mis en ligne avec, pour l'instant, une barrière mobile de trois ans (les 3 dernières années ne sont distribuées qu'en version papier payante). Les *Annales* sont également accessibles en ligne, en partie, sur le site de Gallica (bibliothèque numérique de la BNF) : <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/cb343964078/date>

## Fascicules thématiques des *Annales de la Société Géologique du Nord*

Constant Prévost – Coup d'œil rétrospectif sur la géologie en France pendant la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, par GOSSELET J. (*Ann. SGN*, XXV : 346 p., 1896) ..... 15 €  
Contribution à la connaissance des bassins paléozoïques du Nord de la France (avec l'Ecorché géologique infra-mésozoïque), par C.F.P.(M.), COPESEP & S.N.P.A.

(Ann. SGN, LXXXV (3), 1965).....	15 €
Géologie du Nord de la France (Ann. SGN, LXXXIX (1), 1969).....	10 €
Rapport des Travaux du Centenaire 1870-1970 (Ann. SGN, XC (4), 1970, publié 1971).....	15 €
Rupture des roches et massifs rocheux (Ann. SGN, XCV (3), 1975).....	10 €
Données nouvelles sur le Paléozoïque de l'Europe occidentale (Ann. SGN, XCVI (4) et XCVII (1), publié 1977).....	15 €
Apports récents à la géologie du Gondwana (Ann. SGN, XCVIII (4), 1977, publié 1978).....	15 €
Géologie de l'Europe, du Précambrien aux bassins sédimentaires post-hercyniens (Ann. SGN, XCIX (1), 1979, publié 1980).....	20 €
Géologie appliquée aux problèmes d'énergie et de matières premières (Ann. SGN, CII (2), 1982).....	10 €
Tectonique cassante en distension et coulissement (Ann. SGN, CIII (2-3), 1983, publié 1984).....	20 €
Aspects de la géologie de l'Ardenne, hommage au Professeur Beugnies (Ann. SGN, CV (2), 1985, publié 1986).....	10 €
Paléozoïque supérieur continental (Ann. SGN, CVI (2), 1986, publié 1987).....	15 €
Actualisation de quelques thèmes géologiques – Conférences (Ann. SGN, CVII (4), 1986, publié 1988).....	10 €
Aspects de la géologie du Gondwana (Ann. SGN, CVIII (1), 1987, publié 1988).....	10 €
Géologie et aménagement régional (Ann. SGN, CIX (1-2), 1989, publié 1990).....	15 €
Le Nord et son environnement géologique (Ann. SGN, 2 <sup>e</sup> série, 2 (1), publié 1993).....	10 €
Le Jurassique du Boulonnais (Ann. SGN, 2 <sup>e</sup> série, 4 (4), 1996).....	8 €
Séance spécialisée sur les bassins houillers du nord de la France et du sud de la Belgique (Ann. SGN, 2 <sup>e</sup> série, 5 (1), 1997).....	8 €
Dossier consacré au Dévonien de l'Ougarta (Sahara occidental, Algérie) (Ann. SGN, 2 <sup>e</sup> série, 5 (2), 1997).....	8 €
La craie : objet géologique, réservoir, matériau et paysage (Ann. SGN, 2 <sup>e</sup> série, 5 (3) et 5 (4), 1997).....	15 €
Colloque Artois-Brabant (Ann. SGN, 2 <sup>e</sup> série, 6 (2), 1998).....	8 €
North Gondwana Mid-Palaeozoic Bioevent / Biogeography patterns in relation to crustal dynamics (IGCP 421, Istahan) (Ann. SGN, 2 <sup>e</sup> série, 7 (1) et 7 (2), 1999).....	15 €
2 <sup>e</sup> Journées Nationales du Patrimoine Géologique (Ann. SGN, 2 <sup>e</sup> série, 7 (4), 2000).....	15 €
New systematic and palaeobiogeographic data from the Palaeozoic of Central Iran (Ann. SGN, 2 <sup>e</sup> série, 8 (2), 2000).....	8 €
The Cambrian and Lower Ordovician of the southern Montagne Noire (Languedoc, France) – A synthesis for the beginning of the new century (Ann. SGN, 2 <sup>e</sup> série, 8 (4), 2001).....	8 €
Centenaire du Musée Gosselet (Ann. SGN, 2 <sup>e</sup> série, 10 (2-3), 2003).....	15 €
Dossier spécial : Stratigraphie du Paléozoïque (Ann. SGN, 2 <sup>e</sup> série, 11 (4), 2005).....	8 €
GeoReg – Géosciences des régions de France et des pays environnants (Ann. SGN, 2 <sup>e</sup> série, 19, 2012).....	35 €
Les enjeux « naturels » du développement urbain (séance A. Bonte) & 6 <sup>e</sup> Table générale (Ann. SGN, 2 <sup>e</sup> série, 20, 2013).....	35 €

Pour toute commande, s'adresser au Secrétariat de la SGN : Université Lille 1 - Sciences et Technologies, UFR des Sciences de la Terre (SN5),

F-59655 Villeneuve d'Ascq cedex (France)

(\*) Tous les prix sont indiqués T.T.C. (TVA 5.50% incluse).



# *Société Géologique du Nord*

*ANNALES*

**Tome 21 (2<sup>e</sup> série)**  
*parution 2014*

*Ce tome 21 des Annales de la SGN bénéficie d'une aide financière des sociétés  
Solétanche-Bachy (Antenne Nord – Pas-de-Calais) et Valétudes (Valenciennes)*

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD  
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

ISSN 0767-7367

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

— 2014 - 2016 —

<i>Présidente d'honneur</i> .....	M <sup>elle</sup> Denise BRICE
<i>Président d'honneur</i> .....	M. Francis ROBASZYNSKI
<i>Président</i> .....	M. Francis MEILLIEZ
<i>Premier Vice-Président</i> .....	M. Hervé COULON
<i>Seconds Vice-Présidents</i> .....	M. Francis AMEDRO M. Jean-Pierre DE BAERE
<i>Secrétaire</i> .....	M. Fabien GRAVELEAU
<i>Secrétaire-adjoint</i> .....	M. Jean-Yves REYNAUD
<i>Trésorier</i> .....	M. Thierry OUDOIRE
<i>Bibliothécaire</i> .....	M. Olivier AVERBUCH
<i>Directeur de la Publication</i> .....	M. Alain BLIECK
<i>Conseillers</i> .....	M. Patrick AUGUSTE M <sup>elle</sup> Gaëlle GUYETANT M. Christian LOONES M. Bernard MAITTE M. Joris MAVEL M. Jacques ROUGE
<i>Site Web</i>	
<i>Administrateur</i> .....	M. Alain BLIECK
<i>Webmestre</i> .....	M. Claude MONNET

## CONSEIL SCIENTIFIQUE et ÉDITORIAL

— 2014 - 2016 —

Le Conseil Scientifique et Editorial est composé des membres du Bureau en exercice de la Société (Président, Premier Vice-président, deux Seconds Vice-présidents, Secrétaire, Secrétaire-adjoint, Trésorier, Bibliothécaire, Directeur de la Publication) et des six Conseillers extérieurs suivants :

Jean-François DECONINCK (Université de Bourgogne, Dijon)  
Patrick DE WEVER (Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris)  
Christian DUPUIS (Université de Mons, Belgique)  
Rémy GOURVENNEC (CNRS, Université de Brest)  
Jean SOMME (Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq)  
Johan YANS (Facultés Universitaires N.-D. de la Paix, Namur, Belgique)

Adresse URL du site Web :

<http://geosystemes.univ-lille1.fr/sgn.php>

## LISTE DES RAPPORTEURS DES ARTICLES DU TOME 21

BERAAOUZ El Hassan (Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Agadir, Maroc)  
BOULVAIN Frédéric (Université de Liège, Département de Géologie, Belgique)  
BROQUET Paul (Université de Franche-Comté, Besançon)  
DESMARES Delphine (Université Pierre et Marie Curie – Paris 6, UMR 7207 CR2P du CNRS, Paris)  
DUPRET Vincent (Australian National University, Canberra, ACT, Australie)  
ELLIOTT David K. (Northern Arizona University, Flagstaff, Arizona, USA)  
GOURVENNEC Rémy (CNRS, Université de Bretagne occidentale, S.G.N. – Comité scientifique et éditorial)  
GROSHENY Danielle (Université de Lorraine, UMR 7359 GéoRessource du CNRS, Vandœuvre-lès-Nancy)  
GUILLOT François (Université Lille 1, UFR Sciences de la Terre, Villeneuve d'Ascq)  
MAITTE Bernard (Université Lille 1, UFR de Physique, Villeneuve d'Ascq)  
MEILLIEZ Francis (Université Lille 1, UFR Sciences de la Terre, Villeneuve d'Ascq)  
ROBASZYNSKI Francis (Polytech'Mons, Université de Mons, Belgique)  
VAN LAETHEM Francis (Laboratoire Régional des Ponts et Chaussée du Nord – Pas-de-Calais)

**A N N A L E S**  
**DE LA**  
**SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD**

Société fondée en 1870 et autorisée par arrêtés en date des 3 Juillet 1871 et 28 Juin 1873

---

Secrétariat : **Société Géologique du Nord**

Université Lille 1, UFR des Sciences de la Terre, 59655 Villeneuve d'Ascq cedex

Tél. 03 20 33 70 47 (secrétaire) - C.C.P. Lille 52-47 Y

---

---

**AVANT-PROPOS : vie de la Société en 2014**

par Francis MEILLIEZ, président & Alain BLIECK, directeur de la publication

**2014 : passage de témoin**

Le 12 mars 2014, l'Assemblée générale a passé le témoin de la présidence à Francis MEILLIEZ. Après quatre années de bonne gestion, sanctionnées par un accroissement considérable du nombre d'adhérents (62 en 2010, 122 en 2014 – hors membres à perpétuité), Alain BLIECK reprend la fonction de rédacteur en chef et, de façon plus générale, de directeur des éditions (*Annales*, *Mémoires*, *Lettre*). La parution du *Mémoire* XVII en cette fin d'année 2014 est un événement souhaité depuis deux ans. Son financement a été assuré à 15% du budget par souscription. Merci à tous les souscripteurs pour leur confiance. Des subventions ont permis d'engager l'impression. Ce *Mémoire* est un riche point d'étape sur la trajectoire de la Société géologique du Nord (S.G.N.). C'est un socle pour réfléchir à la mise en perspective du cent-cinquantième de la Société, à venir en 2020. Après s'être usé les yeux à la relecture minutieuse des manuscrits, Jean-Pierre DE BAERE a donc passé la main aussi. Qu'il soit remercié très chaleureusement pour ce travail ingrat qui participe à la qualité de la revue. Quelques jeunes et un enseignant-chercheur senior sont venus renouveler le Conseil d'administration. Bernard MAITTE, cristallographe, a, dans son enseignement et sa recherche, toujours entretenu un pont entre la physique et la géologie. Après avoir initié ce qui est devenu le Forum des Sciences de Villeneuve d'Ascq, il a évolué vers l'histoire des sciences. En cette Année Internationale de la Cristallographie (2014) et à l'aube de l'Année Internationale de la Lumière (2015), auteur de plusieurs ouvrages scientifiques, son expérience sera très pertinente pour la S.G.N. Patrick AUGUSTE va remettre à l'honneur le champ des recherches archéologiques qui avait plutôt déserté nos *Annales* depuis de nombreuses années. Gaëlle GUYETANT apporte sa fraîcheur et son expérience de la valorisation des sites géologiques. Hervé COULON et Joris MAVEL représentent la nouvelle génération des bureaux d'études, respectivement des secteurs public et privé. Voilà, très brièvement présentée, la nouvelle équipe de cadres de la Société géologique du Nord.

Toute cette équipe a conscience de poursuivre une tâche entreprise par d'autres collègues, et tient à les remercier tant pour le chemin esquissé que pour la confiance accordée. Les sortants ne sont pas loin et se sont mis spontanément à disposition pour donner des avis, assurer des contacts et, le cas échéant, soutenir les plus jeunes. Francis ROBASZYNSKI a été promu Président d'honneur, Francis AMEDRO et Jean-Pierre DE BAERE ont accepté de poursuivre dans une fonction de vice-président. Un grand merci à tous pour leur disponibilité.

**Le tome 21 (2<sup>e</sup> série) des *Annales***

Ce volume n'est pas épais, certes, mais il témoigne d'une volonté d'ouvrir le champ des publications à tous les aspects des sciences de la Terre tout en respectant une exigence de qualité. Les *Annales* sont une publication scientifique, dotée d'un comité de lecture. Le rôle de ce comité est de veiller à la qualité scientifique des documents qui souhaitent se voir éditer. Mais qui peut juger de la qualité scientifique ? Habituellement ce sont les pairs, c'est-à-dire d'autres scientifiques qui, sans être nécessairement des spécialistes du sujet traité, sont aptes à comprendre la question scientifique abordée, à évaluer la qualité des données présentées, à suivre le raisonnement tenu par l'auteur sans nécessairement pour autant partager ses conclusions. Pour cette appréciation, le comité de lecture est éclairé par des relecteurs (deux par article) qui détaillent l'analyse du texte, les références bibliographiques utilisées, la pertinence des illustrations. Toutes les revues scientifiques du monde entier agissent de même.

Le système a évolué dès lors que les éditeurs, en concurrence entre eux, ont commencé à dénombrier les lecteurs de ces revues. Et l'évolution est devenue vicieuse dès lors que les financements publics et privés accordés aux revues ont été indexés sur le dénombrement des lecteurs. La spirale infernale s'est alors enclenchée : les auteurs convergent vers les revues les plus lues, ce qui revient à indexer la « qualité de la recherche » sur un paramètre quantitatif et donc à marginaliser les revues à public réduit. Toutefois, de nombreux champs d'activité ne sont pas caractérisés par l'abondance de leur public. De plus si, pour des gestionnaires, la quantité

reflète la qualité, pour acceptable qu'elle soit, une telle assertion ne vaut pas à toutes échelles. En admettant qu'elle le soit au niveau international, sur des sujets qui sont des enjeux de société, qui mobilisent des moyens exceptionnels, cela ne devrait pas, *ipso facto*, être le cas au niveau d'un territoire plus restreint.

Les *Annales de la Société géologique du Nord* ont été rédigées d'abord pour garder la mémoire d'observations disséminées sur un territoire, et en même temps, contribuer à la formation scientifique de la société dans son ensemble. Le *Mémoire XVII*, tout juste paru (Blicq & De Baere, 2014), rend compte de cette double volonté. Quittons les mirages de la compétition internationale de pointe pour revenir à ces deux missions fondamentales, utiles au territoire et à ses habitants. Le comité de lecture est toujours garant de la qualité, définie sur trois critères :

- la qualité de l'observation, qu'il faut retrouver, car la compétition internationale a poussé les auteurs à minimiser la mémoire descriptive utile aux générations suivantes ;
- la qualité du raisonnement scientifique, comme décrit ci-dessus ;
- la qualité de l'accessibilité, qui permet à des non-spécialistes d'entrer dans la publication, d'en comprendre le sens et l'enjeu sans pour autant être en mesure de mener une telle étude.

Les communications écrites présentées dans ce tome ont été filtrées par le comité de lecture qui a bien fait son travail [voir ci-dessous]. D'autres communications ont été mises de côté en demandant aux auteurs de les retravailler ; elles seront proposées au prochain tome. Les *Annales de la Société géologique du Nord* ont l'ambition de redevenir une revue accessible à diverses personnes : des spécialistes de la géologie, des utilisateurs-sans-le-savoir de la géologie, des amateurs de la géologie. Tous doivent comprendre le sens des propos publiés pour apprécier l'apport scientifique de la communication. Et personne ne doit oublier que la revue n'est pas restreinte au territoire, mais que celui-ci est un pourvoyeur de données dont l'étude contribue à faire progresser le savoir de tous.

« J'espère qu'un jour, ceux qui président aux destinées de l'Instruction Publique, comprendront que la géologie n'est pas comme ils ont pu le croire, peut-être avec quelqu'apparence de raison, une nomenclature de fossiles et d'étages, une succession fastidieuse de coupes prises un peu partout, mais au contraire une science utile, intéressante, développant l'esprit d'observation et ouvrant des idées générales et philosophiques dignes de toute notre attention. » (Jules GOSSELET, 1893 : De l'importance de la géologie dans l'Instruction générale. *Annales de la Société géologique du Nord*, XXI : 349-370).

## L'année écoulée – Vie de la Société

L'année 2014, comme les précédentes, a été riche en événements variés pour la Société géologique du Nord.

### Administration et vie scientifique

Cette activité concerne une série de réunions soit propres à la S.G.N., soit dépendant de structures partenaires de la S.G.N. Le président a organisé deux réunions *ad hoc* ayant pour thème les orientations futures de la Société (les 5 février et 24 avril) ; leurs conclusions seront présentées à l'Assemblée générale de 2015. Le Conseil d'administration (C.A.) s'est réuni quatre fois, les 12 mars, 28 mai, 24 septembre et 17 décembre 2014. L'Assemblée générale (A.G.) de la Société s'est tenue le 12 mars 2014 à la Maison régionale de l'environnement et des solidarités (M.R.E.S.), rue Gosselet à Lille. Après lecture des rapports d'activités (bilan moral du président, bilan financier et budget prévisionnel du trésorier, bilan éditorial du directeur de la publication), l'A.G. a procédé au renouvellement du C.A. [voir ci-dessus le paragraphe « passage de témoin » ; la composition de ce nouveau C.A. est détaillée en page 2 de garde du présent tome des *Annales*]. Puis ont été présentées les communications orales suivantes :

- « Actualisation des distributions verticales de foraminifères dans les craies du Boulonnais » par Francis ROBASZYNSKI & Francis AMEDRO ;
- « Les Tables en verre du Musée Houiller de Lille : un siècle d'histoire patrimoniale et scientifique » par Thierry OUDOIRE, Benoît CREPIN & Fabien GRAVELEAU ;
- « Les « patches » à huîtres fossiles du Cap Gris-Nez : des bioconstructions sous contrôle d'une zone faillée synsédimentaire majeure » par Diane VIDIER, Olivier AVERBUCH, François GUILLOT, Nicolas TRIBOVILLARD & Ebraheem HATEM ;
- « Cours d'eau et urbanisme - exemples lillois » par Francis MEILLIEZ, Hervé COULON & Joris MAVEL ;
- « Evolution polyphasée du massif granitique de la Maladeta (Pyrénées centrales espagnoles) - Synthèse des données pétrographiques » par Jean-Marie CHARLET & Abdellah EL HAJI ;
- « Du territoire vécu au territoire perçu » par Benoît PONCELET.

Cette séance de communications, pour poursuivre une habitude qui s'est installée depuis quelques années à la suite d'une suggestion du prof. Taniel DANELIAN, a été suivie d'un pot de l'amitié pris sur place à la M.R.E.S.

A. BLIECK a représenté la S.G.N. aux A.G. de la M.R.E.S. les 20 février et 18 novembre. F. MEILLIEZ et A. BLIECK ont rencontré le 20 mars M. le prof. Nicolas POSTEL, vice-président (ressources collectives) de l'Université Lille 1, à propos du local occupé par la Société dans le bâtiment SN5 de l'université (bâtiment des sciences de la Terre). La mise à disposition de ce local, où la S.G.N. entpose la réserve de ses publications (*Annales, Mémoires, Publications*, autres), lui a été confirmée. Le 21 mars et le 4 juillet, la S.G.N. était présente aux réunions du C.A. du Conservatoire d'espaces naturels du Nord – Pas-de-Calais (C.E.N.) ; la S.G.N., qui est l'une des six associations fondatrices du C.E.N., y dispose en effet de deux membres de droit qui sont actuellement Christian LOONES et A. BLIECK. La Société est intéressée, entre autres, par le projet de fusion entre le C.E.N., le G.O.N. (Groupeement ornithologique et naturaliste du Nord – Pas-de-Calais) et le C.B.N.B. (Conservatoire botanique national de Bailleul) - et peut-être la Société mycologique du Nord - en cours de discussion pour mettre sur pied au niveau régional une grande structure associative dans le domaine de la biodiversité et de l'environnement [dans le contexte national de mise en place de l'Agence française de la biodiversité]. Il s'agit pour nous de savoir quelle sera la place du patrimoine géologique (la géodiversité) dans cet ensemble. Enfin, depuis le 20 août 2014, le président de la S.G.N. réunit son bureau presque chaque semaine. Au cours de ces réunions sont traitées les affaires courantes, mais des questions de stratégie y sont aussi abordées (finances, communication, éditions, etc.).

Le mercredi 3 décembre a été organisé au « Trade Center » de Douai (Nord) un colloque sur « *Etat et protection de la ressource en eau dans le bassin Artois – Picardie* », en partenariat avec l'Agence de l'Eau Artois – Picardie (Olivier THIBAUT, D.G. de l'Agence de l'Eau Artois – Picardie, et F. MEILLIEZ organ.). Une dizaine de communications a été présentée sur « *Etat de la ressource régionale* » (séance du matin) et sur « *Changement climatique et protection de la ressource* » (séance de l'après-midi). Certaines de ces communications devraient faire l'objet d'articles soumis aux *Annales* pour le tome 22 (2015).

### **Grand public**

Plusieurs activités en direction du grand public ont mobilisé des membres de la S.G.N. Les 18 février et 20 mars, dans le cadre des activités de l'Association de solidarité des anciens (A.S.A.) de l'Université Lille 1, F. MEILLIEZ a assuré deux visites guidées des peintures géologiques murales de la M.R.E.S. à Lille. Ce fut pour lui une nouvelle occasion de rappeler les caractères pédagogique, scientifique et patrimonial de ces peintures (cf. Meilliez *et al.*, in Blicke & De Baere, 2014). Du 2 au 6 avril, Géraldine BERREHOUC, géologue au service des risques de la ville de Lille, a animé dans la salle d'exposition de la M.R.E.S. une exposition sur le thème des carrières souterraines de la région lilloise dans le cadre de la Semaine du développement durable (S.D.D.). Le 6 septembre, Jacques ROUGE a représenté la S.G.N. aux cérémonies des 20 ans du C.E.N. Les 20 et 21 septembre, à l'occasion de la 31<sup>e</sup> édition des Journées européennes du patrimoine (J.E.P.), F. MEILLIEZ a mené plusieurs visites commentées des peintures de la M.R.E.S. tandis que la S.G.N. était présente dans la salle Pasteur de l'U.F.R. de biologie de l'Université Lille 1 à propos d'une exposition sur les membres savants de la famille Barrois (Charles BARROIS, géologue ; Jules BARROIS, zoologiste ; et Théodore BARROIS, zoologiste, médecin et politicien), organisée par l'actuel directeur de cette U.F.R., le prof. Didier VIEAU. Plusieurs documents issus de la bibliothèque-recherche de l'Unité mixte de recherche n° 8217 « Géosystèmes » (C.N.R.S.-Université Lille 1) avaient été prêtés par Mme Elisabeth LOCATELLI, documentaliste (cf. Locatelli, in Blicke & De Baere, 2014). Enfin, le 13 octobre, F. MEILLIEZ, H. COULON et A. BLIECK ont assisté à l'inauguration de l'exposition « *Une filière d'utilité générale et une région riche de ses ressources et de ses hommes* » organisée par la section Nord – Pas-de-Calais de l'Union nationale des industries de carrières et matériaux de construction (UNICEM) dans le hall du siège du Conseil régional à Lille. C'est à cette occasion que fut remis le diplôme Charte Environnement des Industries de Carrières à la société STB Matériaux.

### **Conférences**

Des membres de la S.G.N. ont donné plusieurs conférences en 2014, soit dans le cadre des activités propres de la Société, soit dans celui des activités d'autres structures académiques ou associatives :

- mardi 8 avril à 14h30, à l'Université Lille 1, Espace Culture : « *Évolution des peuplements humains en Europe du Nord-Ouest depuis environ 1 million d'années jusqu'à la fin des derniers peuples chasseurs-cueilleurs nomades de la Préhistoire* » par Patrick AUGUSTE (Chargé de recherche C.N.R.S., Université Lille 1, à Villeneuve d'Ascq) — *conférence de l'Université du Temps Libre* ;
- mercredi 9 avril à 17h à la M.R.E.S. : « *Des paléoclimats à la mesure du temps* » par Jean-François DECONINCK (Professeur, Université de Bourgogne, à Dijon) — *conférence S.G.N.* ;
- mardi 3 juin à 17h, au CERLA, Université Lille 1 : « *Préserver le patrimoine, pour quoi faire ? Réflexions d'un géologue* » par Francis MEILLIEZ (Professeur émérite, Université Lille 1, à Villeneuve d'Ascq) — *conférence de l'ASA-Université Lille 1* ;
- mercredi 12 novembre, à 17h, à la M.R.E.S. : « *La faim du pétrole* » par Patrick DE WEVER (Professeur, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris) — *conférence S.G.N.* ;
- jeudi 27 novembre à 18h30 à l'Université Lille 1, Espace Culture : « *Une histoire croisée : cristallographie et symétrie* » par Bernard MAITTE (Professeur émérite, Université Lille 1, à Villeneuve d'Ascq) — *conférence S.G.N. dans le cadre de l'Année internationale de la cristallographie.*

Enfin, le jeudi 27 février 2014, à 20h au siège de la Société d'Emulation de Cambrai, les membres S.G.N. avaient été invités à écouter une conférence sur Jules Gosselet donnée par M. Pierre LEMAITRE, ancien professeur de physique et cambrésien.

### **Sorties de terrain**

Cette année, la S.G.N. a proposé quatre sorties de terrain à ses membres — ces sorties étaient inscrites également dans le programme des Promenades vertes de la M.R.E.S. ou dans celui des Rendez-vous Nature du Conseil général du Nord (CG59) :

- samedi 22 mars : « *A la recherche d'un ruisseau en voie de disparition : le Ru des Voyettes* », sur le thème du développement périurbain, dirigée par F. MEILLIEZ, H. COULON et J. MAVEL (voir l'article correspondant dans ce tome-ci des *Annales*) [M.R.E.S.] ;
- dimanche 23 mars : « *Mont Noir - Site départemental Marguerite Yourcenar* » sur le thème de l'eau, dirigée par F. MEILLIEZ [CG59] ;
- samedi 12 avril : « *Les Terrils de Marles-les-Mines et Calonne-Ricouart* » sur le thème de l'exploitation de terrils de schistes issus de l'activité minière de la région, dirigée par MM. Edmond BUDZIK, Directeur de la Société Schistes du Nord – Pas-de-Calais (SNPC) et François DUFOUR, PDG de la Société DUFOUR [S.G.N.] ;
- samedi 20 septembre : « *Excursion géologique dans la vallée du Hoyoux (Belgique)* » sur le thème du Dévonien-Carbonifère du bord nord de l'Allochtonne ardennais (bord nord du Synclinorium de Dinant), dirigée par MM. Eric GOEMAERE (géologue au Service géologique de Belgique), Bernard MOTTEQUIN (géologue cartographe et paléontologue à l'Université de Liège) et Jean-Marc MARION (géologue cartographe à l'Université de Liège) [M.R.E.S.] ;

Des comptes rendus de ces sorties ont été mis en ligne sur le site Web de la S.G.N. : <http://geosystemes.univ-lille1.fr/sgn.php?page=excursions>

### **Editions**

L'année 2014 sera une année particulière, la première de ce XXI<sup>e</sup> siècle à voir la publication d'un *Mémoire* de la S.G.N. Cette série était interrompue depuis 1983. Elle est reprise avec le tome XVII sur « *La Société géologique du Nord et l'histoire des sciences de la Terre dans le nord de la France* » qui traite donc de l'histoire de la Société et de celle de sa discipline dans le contexte du Nord – Pas-de-Calais et des régions franco-belges environnantes (Blieck & De Baere, 2014). Le sommaire de ce tome est fourni dans la page de présentation du *Mémoire*, incluse dans ce tome-ci des *Annales*. Jean-Pierre DE BAERE, directeur de la publication sortant, a assuré du début jusqu'à la fin la réalisation technique de ce *Mémoire*. Quant au tome 21 des *Annales*, il regroupe deux des communications qui ont été présentées oralement à l'A.G. du 12 mars 2014, à savoir les articles de F. ROBASZYNSKI et F. AMÉDRO (*Actualisation des distributions verticales de foraminifères dans les craies du Cénomanién-Turonien du Boulonnais (nord de la France)*) et de F. MEILLIEZ, H. COULON et J. MAVEL (*Cours d'eau, inondabilité et urbanisme : quelques exemples à méditer sur le territoire de Lille-Métropole*) ainsi que trois autres articles, ceux d'A. BLIECK et André STYZA (*Devonian sandstones from the Liévin shaft n° 8, Avion (Pas-de-Calais, France) : historical context and additional vertebrate remains*), de Bruno MISTIAEN et Benoît HUBERT (*Encroûtements stromatolithiques dans le Givétien de Ferques, Boulonnais, France*) et de Rachid ZAHOUR, Ghalem ZAHOUR, Abou Hamath SY, Zouhir BAROUDI, Hassan EL HADI et Youssef ZERHOUNI (*Le volcanisme doméen du Néoprotérozoïque terminal de la boutonnière d'Aït Sawn (Anti-Atlas oriental, Maroc)*). A noter (rappeler) que, depuis cette année, l'ensemble des *Annales*, depuis le tome I de 1875 jusqu'au tome 16 [2<sup>e</sup> série] de 2009, et l'ensemble des *Mémoires*, des tomes I (1876) à XVI (1983), sont accessibles gratuitement en ligne sur le site Web de la bibliothèque numérique de l'Université Lille 1 (IRIS), soit directement soit via celui de la S.G.N. : <http://iris.univ-lille1.fr/handle/1908/32/browse> (*Annales*), <http://iris.univ-lille1.fr/handle/1908/75/browse> (*Mémoires*). Cette mise en ligne en « open access » est le résultat d'une convention qui avait été passée par nos présidents précédents entre la S.G.N. et le Service commun de documentation (S.C.D.) de Lille 1 sous la houlette de B. MAITTE, la numérisation des *Annales* et des *Mémoires* ayant reposé sur des financements conjoints de l'Université Lille 1 et de la Région Nord – Pas-de-Calais. Elle a été effectuée par l'Atelier National de Reproduction des Thèses (A.N.R.T.) qui est rattaché à l'Université Lille 3 (comm. pers. de M.-M. GEROUDET, du S.C.D.).

### REFERENCE CITEE

BLIECK A. & DE BAERE J.-P. eds. (2014). — *La Société géologique du Nord et l'histoire des sciences de la Terre dans le nord de la France. Mémoires de la Société géologique du Nord*, **XVII** : 183 p. ; Société géologique du Nord édit., Villeneuve d'Ascq.

## La Société géologique du Nord il y a 50 ans

Tome LXXXIV des *Annales* (1964)

En 1964, la SGN comptait entre 301 et 328 membres (301 répertoriés en 1963, 328 répertoriés en 1965 ; Blicek *et al.*, 2014). Son conseil d'administration était composé comme suit :

Président d'honneur :	M. Pierre PRUVOST
Président :	M. Alphonse BEUGNIES
Vice-présidents :	MM. Paul CELET, Jacques DANZE et Alexis BOUROZ
Secrétaire :	M. Jean PROUVOST
Secrétaire-adjoint :	M. Jacques PAQUET
Trésorier :	M. l'Abbé Gilbert TIEGHEM
Déléguée aux publications :	Mme Paule DANZE-CORSIN
Archiviste-bibliothécaire :	M. Christian DESREUMAUX
Conseillers :	M <sup>elle</sup> Dorothee LE MAÎTRE, MM. Paul DUMON, Jacques CHALARD, Gérard WATERLOT, Charles DELATTRE et Pierre DOLLE.

La Société s'est réunie neuf fois en 1964 : en Assemblée générale le 8 janvier (élection de nouveaux membres, renouvellement du Conseil d'administration, communications orales), sept fois en séance ordinaire les 5 février, 4 mars, 15 avril, 13 mai, 3 juin, 4 novembre et 2 décembre (élection de nouveaux membres, communications orales et écrites, présentations d'ouvrages) et en séance extraordinaire le 24 mai pour une excursion dans la vallée de la Thure sous la direction du Président, M. Beugnies. La séance du 13 mai, présidée par M. J.H. Brunn, était consacrée à la géologie méditerranéenne ; elle a donné lieu à dix communications orales sur les Pyrénées, la Sicile (dont une de M. Paul Broquet, redevenu membre en 2013, élu à l'AG de 2014), l'Afrique du Nord, l'Italie et la Grèce. Ces travaux s'intègrent dans une période de la SGN qui correspond à ce que J. Charvet a appelé « la période dinarohellénique de la SGN » (Charvet, 2014) qui a également inclus de nombreux travaux sur les zones périméditerranéennes autres que la Grèce, l'Albanie et la Yougoslavie. Au cours de la séance du 2 décembre est intervenu M. R.V. Melville, Attaché scientifique à l'ambassade de Grande-Bretagne à Paris pour une conférence intitulée « *La stratigraphie de la craie d'Angleterre depuis Barrois* ». On sait en effet que Charles Barrois, élève de Jules Gosselet, et co-fondateur avec celui-ci de la SGN, a soutenu en 1876 une thèse de doctorat intitulée « *Recherches sur le terrain crétacé supérieur de l'Angleterre et de l'Irlande* » qu'il a publiée en tome I des *Mémoires de la SGN* (Barrois, 1876). Ce mémoire est resté incontournable dans l'étude du Crétacé de Grande-Bretagne et il continue d'être régulièrement cité, même par les auteurs anglophones (F. Amédro, comm. pers.).

Ces travaux ont donné lieu à la publication de 31 articles dans le tome LXXXIV des *Annales* :

Valeur stratigraphique des genres *Densiporites* et *Lycosiporites* et leur utilisation pour l'établissement de subdivisions palynologiques dans le Houiller d'Amasra, par Bülent AGRALI

Valeur moyenne du pouvoir réflecteur maximum des charbons du sondage Loos 5 (Groupe de Lens-Liévin), par Emile MERIAUX

Le déclin thermique et son importance dans la datation des granites par la méthode de thermoluminescence, par Jean-Marie CHARLET

La craie phosphatée dans le Nord et le Pas-de-Calais, par Antoine BONTE, Paul BROQUET, B. BELLERY, Jean-Marie DEZWARTE & Bertrand FENET

Microdureté Vickers de charbons du Bassin Houiller du Nord et du Pas-de-Calais, par Charles DELATTRE & Emile MERIAUX

Observations palynologiques sur des tourbes provenant de Valenciennes (Nord), par Mme Camille DUBOIS

Etude anatomique d'un *Sphenophyllum* trouvé dans un coal-ball du niveau marin de Katharina, par Robert COQUEL & Paule DANZE-CORSIN

Deux Pulmonés nouveaux du Paléocène de Cernay-les-Reims (Marne), par Jean-Claude FISCHER

Première découverte de Trilobite : *Scabriscutellum* sp. dans le calcaire de Chalonnès (Bassin d'Ancenis), par Dorothee LE MAITRE & Jean PILLET

L'expansion actuelle des recherches sur les inclusions fluides des minéraux et des roches, par Georges DEICHA

Étude de la microflore bajocienne d'un sondage effectué dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer (P.-de-C.), par Josiane LEVET-CARETTE

Observations préliminaires sur la palynologie des charbons et du cannel-coal de St-Eloy-les-Mines (Puy-de-Dôme), par Jacques GROLIER & Stanislas LOBOZIAK

Le Dévonien des carrières du « Banc Noir » et du « Griset » (Boulonnais), par Dorothee LE MAITRE & F. MAGNE

Note préliminaire à l'étude géologique du Synclinorium carbonifère du Plan des Étangs (Pyrénées centrales espagnoles), par Michel WATERLOT

Observations stratigraphiques, tectoniques et sédimentologiques sur le flysch numidien des Madonies (Sicile), par Paul BROQUET

Relations paléogéographiques entre flyschs, chaîne calcaire et complexe de base dans les Monts Nebrodi (Sicile), par Gérard DUEE

Comparaison entre les orogènes berbère et apenninique, par André CAIRE

Structure de la bordure côtière occidentale de l'Hélicon (Grèce), par Paul CELET

Esquisse tectonique du Péloponnèse septentrional (Grèce), par Jean DERCOURT

Contribution à l'étude stratigraphique de l'Olympe (Thessalie septentrionale - Grèce), par Ivan GODFRIAUX

Essai de comparaison des massifs métamorphiques de Thessalie et de Macédoine, par Ivan GODFRIAUX & Jacques MERCIER  
Détermination de l'âge des séries métamorphiques du Massif Serbo-Macédonien au Nord-Est de Thessalonique (Grèce) par les méthodes Rb/Sr et K/AR, par Sergio BORSI, Giorgio FERRARA & Jacques MERCIER  
A la recherche du rameau médian des chaînes périméditerranéennes, par J.H. BRUNN  
Propriétés optiques des Wolframites en diascopie infra-rouge, par G. TOUBEAU  
Le Crétacé marin à Saïghan et à l'Ouest de l'Hindou Kouch (Afghanistan), par Albert F. DE LAPPARENT & Jacques LAVIGNE SAINTE-SUZANNE  
Nature des terrains crétacés et primaires de l'Est du Cambrésis d'après quelques observations récentes, par Claudine ARSIGNY  
Aux confins cénomano-turonien : la zone à *Actinocamax plenus*, par René MARLIÈRE  
Microflore Infraliasique du Boulonnais (carrière Napoléon), par Josiane LEVET-CARETTE  
Etude palynologique de quelques échantillons de lignite provenant du Bassin de Thrace (Turquie), par Eran NAKOMAN  
Remarques sur la géologie de la bordure orientale des monts Sicani (Sicile), par Paul BROQUET  
Sur une cinérite du bassin de l'Ishikari (Japon), par Alexis BOUROZ

L'essentiel des articles se répartit entre deux sujets : la géologie des chaînes périméditerranéennes (11 articles dont 10 issus de la séance du 13 mai 1964 portant sur la tectonique, la stratigraphie et la paléogéographie principalement) et la paléontologie (11 articles dont 6 de palynologie, y compris sur la valeur biostratigraphique des fossiles). Les autres articles concernent la pétrographie – minéralogie (4 articles, en particulier sur la pétrographie des houilles et le groupe des wolframites - des oxydes de tungstène) et divers sujets (5 articles sur la géochronologie des granites, les craies phosphatées, la stratigraphie de l'Afghanistan, du Cambrésis et une cinérite oligocène du Japon). Ce tome LXXXIV est atypique pour la période 1960-1979 couverte par la Table générale 5 des *Annales* (Blieck *et al.*, 2014) : ce n'est ni la géologie de la France ni celle du Carbonifère qui y domine, à cause en particulier du thème de la séance du 13 mai. Celle-ci est évoquée, au cours de la séance de passation de présidence du 5 février, de façon lyrique par le Premier vice-président sortant, et nouveau Président élu, Alphonse Beugnies (remplaçant le Président sortant, Jean Polvêche, parti enseigner à Alger) qui parle de « cette géologie méditerranéenne toute baignée de soleil et de vastes horizons où brille une pléiade de jeunes et sympathiques Lillois. » (*Annales*, t. LXXXIV, 1<sup>er</sup> trimestre, p. 4).

Par contre, conformément à la période 1960-1974, la palynologie, en particulier celle du Carbonifère, est bien représentée, et A. Beugnies évoque « le dynamisme débordant manifesté par cette équipe de jeunes « palynologistes » emmenée magistralement par le Professeur Corsin, Monsieur et Madame Danzé » (*ibid.*). Il note par la même occasion la parution du plus récent tome des *Mémoires* sur la flore infraliasique du Boulonnais (Briche *et al.*, 1963). Dans le bilan du président, il en vient à parler des finances (le trésorier d'alors étant M. l'abbé Gilbert Tieghem – encore membre de la SGN en cette année 2014) pour constater que « la Société n'a pu maintenir son équilibre financier que grâce aux subventions allouées par de généreux donateurs comme les Houillères du Nord et le Centre National de la Recherche Scientifique » (*Annales*, t. LXXXIV, 1<sup>er</sup> trimestre, p. 5) — autant d'aides récurrentes qui font tant défaut à la SGN d'aujourd'hui. Lors de la même séance du 5 février, A. Beugnies, fidèle à lui-même, en arrive ensuite au « moment le plus drôle qui aurait à coup sûr inspiré un Courteline. Selon les usages et en tant que président de séance, je passe les pouvoirs à moi-même, devenu pour la circonstance un curieux cas de dédoublement de la personnalité. » Il évoque alors brièvement sa carrière de géologue montois, son maître le Professeur René Marlière (voir Robaszynski, 2014) et les relations scientifiques et amicales entre « la modeste Faculté Polytechnique de Mons » et les « brillantes Facultés lilloises » (*Annales*, t. LXXXIV, 1<sup>er</sup> trimestre, p. 5). Arrive enfin ce que je qualifierai de morceau de bravoure, le passage où A. Beugnies parle de l'équipe de géologues constituant le nouveau Conseil d'administration et, en particulier, de Mme Danzé (Paule Danzé-Corsin), nouvelle Déléguée aux publications : « je sais qu'elle a l'intention d'appliquer scrupuleusement les règlements surtout en ce qui concerne le dépôt des manuscrits et des épreuves corrigées. Si l'on en croit le vieil adage : « Ce que femme veut, Dieu le veut », je pense que le plus sage sera de nous conformer aux directives reçues. » Ce que Beugnies ignorait c'est que Mme Danzé exercera sa fonction de Déléguée aux publications pendant 44 ans, de 1964 à 2007 — probable record absolu de longévité dans l'un des postes du Conseil d'administration de la SGN !

#### REFERENCES CITEES

- BARROIS C. (1876). — Recherches sur le terrain crétacé supérieur de l'Angleterre et de l'Irlande. *Mém. Soc. géol. Nord*, Tome I (Mémoire N° 1) : 232 p., 3 pl. ; Lille.
- BLIECK A. avec la collaboration de BRICE D., CHARVET J., CUVELIER J., DE BAERE J.-P., DHAINAUT A., MATRION A., MEILLIEZ F., MISTIAEN B., OUDOIRE T., RICOUR J., SOMME J. & TRENTESAUX A. (2014). — La Société géologique du Nord et les sciences de la Terre dans le nord de la France : science, industrie et société. In : BLIECK A. & DE BAERE J.-P. (eds), La Société géologique du Nord et l'histoire des sciences de la Terre dans le nord de la France. *Mém. Soc. géol. Nord*, **XVII** : 3-40.
- BRICHE P., DANZE-CORSIN P. & LAVEINE J.-P. (1963). — Flore infraliasique du Boulonnais. *Mém. Soc. géol. Nord*, **XIII** : 145 p., 11 pl. ; Lille.
- CHARVET J. (2014). — La période dinaro-hellénique de la Société géologique du Nord. In : BLIECK A. & DE BAERE J.-P. (eds), La Société géologique du Nord et l'histoire des sciences de la Terre dans le nord de la France. *Mém. Soc. géol. Nord*, **XVII** : 109-120.
- ROBASZYNSKI F. (2014). — René Marlière (1905-1993), président de la Société géologique du Nord en 1955 et professeur de géologie à la Faculté polytechnique de Mons (Belgique), 1928-1970. In : BLIECK A. & DE BAERE J.-P. (eds), La Société géologique du Nord et l'histoire des sciences de la Terre dans le nord de la France. *Mém. Soc. géol. Nord*, **XVII** : 81-101.

Alain BLIECK

## ACTUALISATION DES DISTRIBUTIONS VERTICALES DE FORAMINIFÈRES DANS LES CRAIES DU CÉNOMANIEN-TURONIEN DU BOULONNAIS (NORD DE LA FRANCE)

### *Updating of vertical distribution of foraminifers in the Cenomanian and Turonian chalks of the Boulonnais (northern France)*

par Francis ROBASYNSKI (\*) & Francis AMÉDRO (\*\*)

**Résumé.** – Une trentaine de niveaux-repères litho-écologiques à grande extension géographique, utilisable pour des corrélations précises intra- et inter-bassins, a été décrite durant ces dernières années dans les craies cénomaniennes et turoniennes du bassin anglo-parisien. La répartition verticale des espèces les plus représentatives de foraminifères planctoniques et benthiques est aujourd'hui révisée et calibrée par rapport à ces niveaux-repères à partir d'échantillonnages réalisés dans le Boulonnais, d'une part dans les falaises du Cap Blanc-Nez et, d'autre part, dans une tranchée de chemin de fer à Caffiers.

**Abstract.** – During the last years, about thirty litho-ecologic marker beds of wide geographic extension were described in the Cenomanian and the Turonian of the Anglo-Paris basin. Some are very useful for accurate intra- and interbasinal correlations. To-day, the vertical distribution of the most representative species of planktonic and benthic foraminifers is revised and calibrated in comparison with these marker-beds, owing to the sampling of two major sections in the Boulonnais, viz. the Cap Blanc-Nez cliffs and the Caffiers railway cutting.

**Mots clés.** – Biostratigraphie, stratigraphie événementielle, bentonites, *Thalmaninella reicheli*, Musée d'histoire naturelle de Lille, Turonien supérieur régressif, silicification, Tunnel sous la Manche.  
**Key words.** – Biostratigraphy, event-stratigraphy, bentonites, *Thalmaninella reicheli*, Musée d'histoire naturelle de Lille, regressive Upper Turonian, silicification, Channel Tunnel.

### I. – INTRODUCTION

Pendant longtemps, reconnaître le niveau dans lequel on se trouvait au sein des craies cénomano-turoniennes du bassin anglo-parisien restait un exercice difficile en raison de la monotonie apparente des faciès. Les « *assises* » utilisées au XIX<sup>e</sup> siècle et durant la première partie du XX<sup>e</sup> siècle par les auteurs français étaient des divisions assez larges aux limites souvent imprécises. Pendant longtemps les macrofossiles, comme particulièrement les ammonites, inocérames et échinides, furent les seuls outils de corrélation. Puis le développement de la micropaléontologie à partir des années 1950 a constitué un progrès sensible et a apporté dans les années 1970 un outil de corrélation supplémentaire et fiable avec une précision atteignant parfois quelques mètres grâce à la définition et à l'utilisation de biozones, principalement de foraminifères. Du côté anglais, sous l'impulsion des travaux de recherches préparatoires à l'implantation d'un tunnel sous la Manche, des échelles de foraminifères ont été élaborées dans les craies du Cénomaniens-Turonien à Douvres (Kent) à partir de deux sondages réalisés à quelques centaines de mètres en retrait des falaises à Aycliff et Shakespeare Cliff (Carter & Hart, 1977 ; Hart, 1983). Malheureusement, aucune description

lithologique où auraient pu être signalés des « *marker beds* » n'a été publiée, ce qui rend impossible le repérage des limites de zones dans la suite stratigraphique visible en falaise comme Gale (1996) l'a déjà remarqué. Du côté français, les besoins de la cartographie au 1/50 000 des craies dans le bassin de Paris ont conduit le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) à dresser une biozonation de foraminifères mais qui fait également abstraction de la lithologie (Monciardini, 1978, 1994). En revanche, une démarche différente a été appliquée par nous-mêmes dans les craies du Boulonnais, dans les falaises du Cap Blanc-Nez et dans la tranchée de chemin de fer à Caffiers (Amédro *et al.*, 1976, 1978 a, b, 1979 ; Robaszynski, Amédro *et al.*, 1980). L'étude des deux coupes a conduit à la mise en parallèle de la lithologie et des échelles macro-, micro- et nanno-paléontologiques associant ammonites, inocérames, échinides, ostracodes, foraminifères planctoniques et benthiques, dinoflagellés et nannofossiles calcaires.

De nouveaux levés effectués dans les falaises du Cap Blanc-Nez à l'occasion des travaux de creusement du Tunnel sous la Manche ont révélé que trois intervalles totalisant 8,75 m d'épaisseur avaient été omis dans la colonne lithologique publiée

(\*) Université de Mons, Faculté Polytechnique, Département Mines-Géologie, 9 rue de Houdain, B-7000 Mons, Belgique.  
E-mail : francis.robaszynski@umons.ac.be

(\*\*) 26 rue de Nottingham, F-62100 Calais, et Université de Bourgogne, UMR 6282, CNRS Biogéosciences, 6 boulevard Gabriel, F-21000 Dijon.  
E-mail : francis.amedro@free.fr

par Amédéo *et al.* (1976), d'abord à la base du Cénomaniens moyen (les unités 15', 16' et 19') puis un intervalle de 6 m au sommet du Turonien moyen à la charnière entre le Turonien moyen et supérieur, sensiblement à la hauteur des Southerham Marls (Amédéo, 1993, 1994 ; Amédéo & Robaszynski, 1999, 2001 a, b, c). De plus, une nouvelle méthode de corrélation très précise mise au point au cours des trente dernières années, d'abord dans les craies du nord-ouest de l'Allemagne, puis dans celles du bassin anglo-parisien, en l'occurrence la stratigraphie événementielle (Ernst *et al.*, 1983 ; Mortimore, 1983, 1986, 1997 ; Robinson, 1986 ; Mortimore & Pomerol, 1987 ; Amédéo, 1994 ; Gale, 1995, 1996 ; Amédéo & Robaszynski, 1999, 2001 a, b, c, 2006), a été appliquée avec succès au Boulonnais. Le principe de la stratigraphie événementielle est fondé sur la recherche dans les successions sédimentaires de niveaux-repères à grande extension géographique utilisables pour des corrélations intra- ou inter-bassins. Ces niveaux-repères sont caractérisés soit par une particularité lithologique (niveaux marneux de teinte sombre, bentonites, niveaux riches en grains de quartz ou de glauconie, hardgrounds, etc.), soit par l'abondance momentanée d'un macrofossile (horizons riches en inocérames, en lamellibranches, *Entolium* par exemple, en ammonites, en brachiopodes, par exemple *Orbirhynchia*). Il s'agit le plus souvent de la traduction lisible sur le terrain d'événements écologiques, volcaniques ou des variations de niveau marin relatif (Robaszynski *et al.*, 1998 ; Wray, 1999 ; Jarvis *et al.*, 2001 ; Wilmsen, 2012). La plupart des litho- et écoévénements présents dans les craies céno-manoturonniennes du Boulonnais, décrits en détail par Amédéo & Robaszynski (1999, 2001 a, b, c, d, 2006) n'étaient pas identifiés en 1978 lorsqu'ont été publiées les échelles biostratigraphiques de macro-, micro- et nannofossiles. Les tableaux de répartition des ammonites ont été actualisés et calibrés avec les niveaux-repères pour le Cénomaniens par Amédéo *in* Robaszynski *et al.* (1998) et pour le Turonien par Amédéo & Robaszynski (2001 b).

Tel n'étant pas le cas pour ce qui concerne les foraminifères, le but de ce travail est d'apporter une révision de la distribution verticale des foraminifères dans les craies cénomaniennes et turoniennes du Cap Blanc-Nez en calibrant l'extension des taxons par rapport à l'ensemble des niveaux-repères connus aujourd'hui. Tous les échantillons pris en compte en 1978 ont été replacés dans la suite lithologique actualisée. Vingt deux prélèvements réalisés par l'un d'entre nous (F.A.) pour le compte du consortium Transmanche Link (TML) de part et d'autre de la limite Cénomaniens inférieure-Cénomaniens moyen afin de mieux cerner le toit de la « Craie bleue » imperméable lors des travaux de creusement du Tunnel sous la Manche sont également intégrés. L'étude de ce matériel complémentaire a été réalisée par Annick Jouchoux en 1994 avec un contrôle des déterminations par le premier auteur de cette note (F.R.). La limite Turonien-Coniacien n'est cependant pas atteinte dans la partie vive de la falaise du Cap Blanc-Nez. C'est la raison pour laquelle la tranchée de chemin de fer de Caffiers, située à une dizaine de kilomètres au sud-est à l'intérieur des terres et dans laquelle l'étage Turonien est recoupé dans sa totalité, est prise en compte afin de compléter la succession. Cette coupe importante a déjà été décrite à plusieurs reprises avant l'utilisation des litho- et écoévénements, et plus particulièrement par Amédéo & Robaszynski (1978), Amédéo *et al.* (1979), Robaszynski, Amédéo *et al.* (1980) et Robaszynski & Amédéo (1986). La succession lithologique a été révisée par Amédéo & Robaszynski (2001d) et la distribution verticale des ammonites

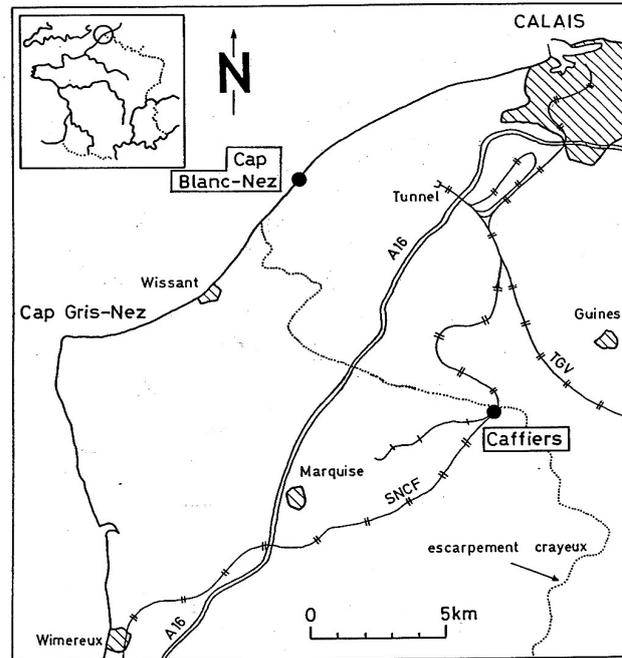


Fig. 1. — Localisation géographique du Cap Blanc-Nez et de la tranchée de chemin de fer de Caffiers dans le nord du Boulonnais.

Fig. 1. — Geographical location of the Cap Blanc-Nez cliffs and of the Caffiers railway cutting in the north of the Boulonnais.

et des échinides précisée par Amédéo & Robaszynski (2006). La localisation géographique des falaises du Cap Blanc-Nez et de la tranchée de chemin de fer de Caffiers dans le nord du Boulonnais est indiquée à la figure 1.

## II. – LES FALAISES DU CAP BLANC-NEZ

Les falaises crayeuses du Cap Blanc-Nez bordent le rivage de la Manche sur environ 6 km entre le hameau de Strouanne et le village de Sangatte (Fig. 2). Grâce à un faible pendage de 1° à 3° vers le nord-est, la totalité des craies cénomaniennes et le tiers inférieur des craies turoniennes sont accessibles au pied des falaises ou en montant le long de plusieurs éboulis. En revanche, la verticalité de la falaise rend inaccessible les 2/3 supérieurs des craies turoniennes, sauf en ayant recours à un matériel d'escalade, ce qui a été fait en 1975 et publié l'année suivante (Amédéo *et al.*, 1976). Tous les échantillons prélevés à l'époque sont déposés aujourd'hui au Musée d'histoire naturelle de Lille. L'épaisseur de la succession crayeuse dans la falaise vive est de 149,20 m avec 75,20 m de craies cénomaniennes et 74 m de craies turoniennes, mais la totalité de l'étage Turonien n'est pas représentée, le contact avec les craies coniaciennes étant situé une dizaine de mètres au-dessus, entre le sommet de la falaise et la plate-forme du Dover Patrol. Les formations crayeuses du Cap Blanc-Nez (Fig. 3 pour la partie cénomaniennne et Fig. 4 pour la partie turonienne) ont été divisées par Amédéo *et al.* (1976) et Robaszynski, Amédéo *et al.* (1980) en ensembles lithologiques (affectés d'une lettre majuscule) formés de cycles sédimentaires ou groupes de cycles (indexés par des chiffres). Des levés lithologiques détaillés avec un degré de résolution atteignant

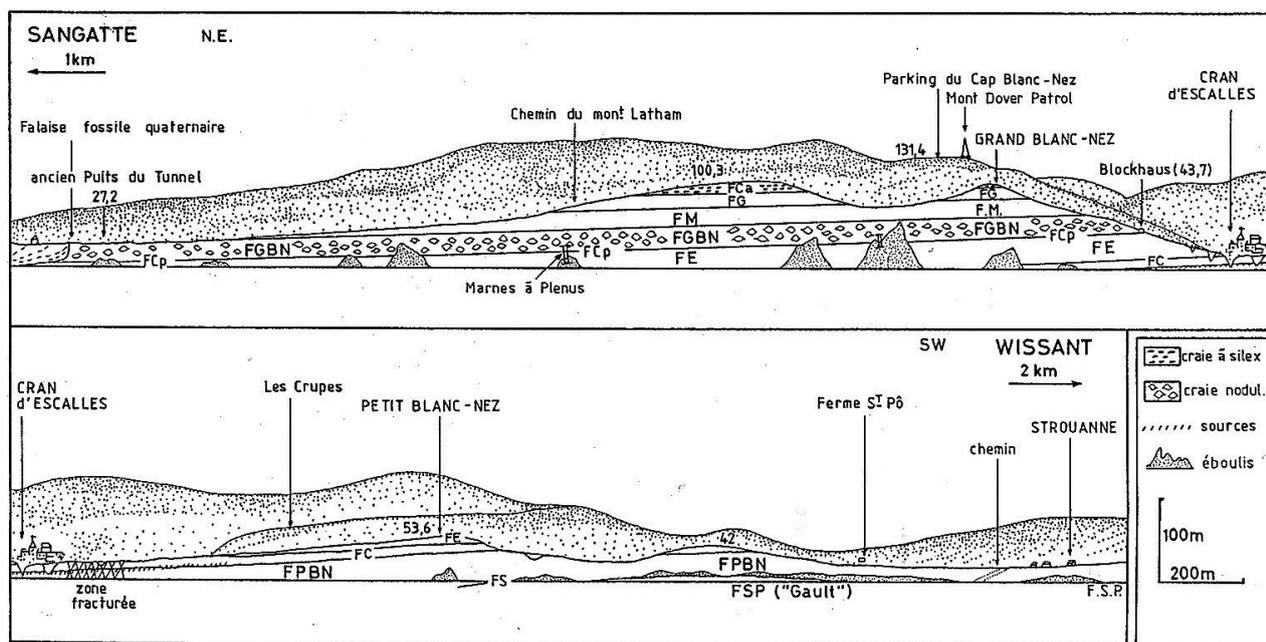


Fig. 2.- Coupe géologique des falaises du Cap Blanc-Nez.

Fig. 2. – Geological sketch of the Cap Blanc-Nez cliffs.

parfois quelques centimètres ont été publiés par Amédéo (1993, 1994) et Amédéo & Robaszynski (1999, 2001 a, b), de telle sorte que la description systématique de toutes les unités lithologiques n'est pas reprise ici.

### 1) Les appellations des craies cénomaniennes du Pas-de-Calais

Comme indiqué dans la figure 3, différentes formations répondant aux règles actuelles de la nomenclature stratigraphique internationale ont été définies par Robaszynski, Amédéo *et al.* (1980) dans les craies du Boulonnais, soit en ce qui concerne la partie cénomaniennne de la succession et du bas vers le haut les : Formation de Strouanne (craie glauconieuse ou « *Tourtia* » ; 2 m), Formation du Petit Blanc-Nez (alternances marno-crayeuses débutant le plus souvent par de larges niveaux marneux ; 30 m) ; Formation du Cran (cycles à dominante crayeuse, souvent cohérents ; 10,70 m) ; Formation d'Escalles (craie finement rythmée ; 30,30 m) ; Formation des Crupes (Marnes à *Plenus* ; 2,16 m au Grand Blanc-Nez, se réduisant progressivement à 1,15 m vers la falaise fossile quaternaire de Sangatte) et Formation du Grand Blanc-Nez *pars* (craie noduleuse dont seuls les 0,90 m inférieurs sont attribués à l'étage Cénomanien).

Les travaux du Tunnel sous la Manche ont toutefois popularisé une autre division des craies cénomaniennes du Pas-de-Calais avec l'usage des termes « *Craie bleue* », « *Craie grise* » et « *Craie blanche* » (Destombes & Shephard-Thorn, 1971 ; Duffaut & Margron, 1990 ; Harris *et al.*, 1996). Ces appellations sont la traduction française de divisions du « *Lower Chalk* » créées dans le sud-est de l'Angleterre au XIX<sup>e</sup> siècle, soit les :

- Chalk Marl (Mantell, 1818) : « *soft marly chalk* » dans le Sussex ; « *blue marl* » dans le Kent (Phillips, 1819) ;

- Grey Chalk (Phillips, 1819) : nom appliqué à la craie grise argileuse près de Douvres dans le Kent ;

- White Bed (Jukes-Browne & Hill, 1903) : « *massive white chalk* » ; unité lithologique comprise dans les falaises de Douvres et de Folkestone entre le « *Jukes-Browne bed 7* » à structures lamellaires et les Marnes à *Plenus*.

Comme souvent à cette époque, les deux premiers termes ont été proposés sans définition de limites lithologiques, d'où des interprétations variables suivant les auteurs, résumées par Smart *et al.* (1966) et plus récemment par Amédéo & Robaszynski (1999). Par commodité, il a été convenu au sein du consortium Transmanche Link (TML), chargé de la réalisation du Tunnel sous la Manche pour le concessionnaire Eurotunnel, de faire coïncider la limite supérieure de la « *Craie bleue* » avec la limite supérieure de la Formation du Petit Blanc-Nez, c'est-à-dire avec la limite entre les unités 16' et 17' (Duffaut & Margron, 1990 ; Andreieff & Monciardini, 1990 ; Amédéo, 1993, 1994). C'est en effet là que se situe un niveau de sources dans la falaise du Cap Blanc-Nez, ce qui constitue une limite géotechnique intéressante du point de vue de la perméabilité. Dans la mesure où les successions lithologiques sont identiques de part et d'autre du Pas de Calais, cette limite a été acceptée du côté anglais et mise en équivalence avec celle séparant le « *Chalk Marl* » au-dessous et la « *Grey Chalk* » au-dessus (Wood *et al.*, 1996 ; Harris *et al.*, 1996 ; Bristow *et al.*, 1997 ; Mortimore *et al.*, 2001, p. 89).

### 2) Les niveaux-repères

L'inventaire des niveaux-repères décrits dans les craies cénomaniennes et turoniennes du Cap Blanc-Nez est le suivant, soit du bas vers le haut :

#### *Céomanien inférieur*

- la Formation de Strouanne ou « *Tourtia du Cap Blanc-Nez* » (unités 1 et 2) : craie glauconieuse verte, à nodules phosphatés plus ou moins remaniés à la base ; épaisseur : 2 m ;

- un banc à nombreux *Inoceramus crippsi* (Mantell) situé à cheval sur la Formation de Strouanne (unité 2) et la base de la Formation du Petit Blanc-Nez (unités 3 et 4) ; épaisseur : 2,50 m ;

- l'unité 5 : marne franchement bleue, incluant à la base des grains de glauconie et de quartz disséminés ; épaisseur : 0,70 m ; immédiatement au-dessous, la limite supérieure du banc crayeux coiffant l'unité 4 est couverte d'inocérames, d'ammonites et d'éponges, tandis que le banc crayeux lui-même, cohérent et bioturbé, présente la morphologie d'une ébauche de hardground ;

- la base de l'unité 10 : marne sableuse (20 % de grains de quartz), de teinte sombre, friable, finement piquetée de glauconie ; épaisseur : 0,40 m ;

- la partie moyenne de l'unité 10 ; banc riche en *Inoceramus virgatus* Schlüter ; épaisseur : 2,30 m ;

- deux bancs crayeux décimétriques gris clair, cohérents, en relief dans la falaise, situés dans l'unité 10 juste au-dessus du banc riche en *I. virgatus*, remplis d'éponges et bioturbés, ce qui leur donne un aspect noduleux ; épaisseur : 0,45 m ;

- un premier niveau riche en petits brachiopodes à grosses côtes appartenant à l'espèce *Orbirhynchia mantelliana* (d'Orbigny), localisé au sommet de l'unité 10 ; épaisseur : 2,35 m ;

- la base de l'unité 11 : marne silteuse presque noire, en retrait dans la falaise par érosion différentielle ; épaisseur : 0,20 m.

#### Cénomaniens moyen

- l'unité 15' : deuxième niveau riche en *Orbirhynchia mantelliana* ; épaisseur : 2,30 m ;

- la moitié inférieure de l'unité 16 : marne de teinte gris foncé, pénétrée dans sa partie supérieure par des perforations remplies de craie claire (traces centimétriques de *Thalassinoides* et millimétriques de *Chondrites*) ; épaisseur : 0,40 m ;

- les sommets des unités 16 et 16' : deux bancs crayeux indurés, épais chacun de 0,40 m, en relief dans la falaise et distants de 2 m (bien visibles au tiers inférieur de la descente du Cran d'Escalles) ; c'est au sommet de l'unité 16', c'est-à-dire au sommet de la Formation du Petit Blanc-Nez, qu'est placée la limite entre la « *Craie bleue* » globalement imperméable et la « *Craie grise* » plus perméable dans toutes les études relatives au Tunnel sous la Manche ;

- la base de l'unité 17 : marne crayeuse renfermant par centaines d'individus un petit lamellibranche : *Entolium orbiculare* (Sowerby), des brachiopodes : *Modestella geinitzi* (Schloenbach), *Kingena concinna* (Owen), *Grasirhynchia martini* (Mantell) et un coralliaire : *Micrabacia coronula* (Goldfuss) ; épaisseur : 1 m ; ce niveau a également livré un rostre de la bélemnite *Praeactinocamax primus* (Arkhangelsky), collection De Putter à Axel, Pays-Bas ;

- l'unité 19 et la moitié inférieure de l'unité 19' : troisième niveau riche en *Orbirhynchia mantelliana*, associé ici à des centaines d'exemplaires d'une petite ammonite déroulée : *Sciponoceras baculoides* (Mantell) ; épaisseur : 2,75 m. La limite supérieure de ce niveau- repère correspond à une surface d'érosion mise en évidence à travers la majeure partie du Pas de Calais lors des reconnaissances effectuées pour l'implantation du tracé du Tunnel sous la Manche en 1964–1965 (Carter & Destombes, 1972). En outre, elle coïncide avec une augmentation brutale de la proportion des foraminifères planctoniques (« *P/B break* ») qui passe de 5% à plus de 50% (Carter & Destombes,

1972 ; Carter & Hart, 1977 ; Jouchoux, 1994 ; Paul *et al.*, 1994). Il s'agit de la « Mid-Cenomanian Non Sequence » ou MCNS de Hart & Tarling (1974) ;

- la moitié supérieure de l'unité 22 : banc riche en *Inoceramus atlanticus* Heinz ; épaisseur : 1 m ;

- l'unité 23 : groupe de trois niveaux marneux sombres, très apparents, qui correspondent à un horizon riche en petites huîtres appartenant au genre *Pycnodonte*, surmonté par un banc calcarénitique blanc-jaunâtre dans lequel la cyclicité est assez discrète et paraissant de ce fait assez massif ; ce banc contient des « *structures lamellaires* » apparaissant comme des masses aplaties et lenticulaires, centimétriques à décimétriques, de craie grossière et rêche (« *Jukes-Browne bed 7* » ou « *laminated structures* » de Kennedy (1967), représentant des chenaux canalisant une craie vannée, grossière) ; épaisseur : 3,25 m.

#### Cénomaniens supérieur

- le sommet de l'unité 25 : un lit de craie blanc-jaunâtre grossière, calcarénitique, limité à la base par une surface de ravinement et contenant de nombreuses petites huîtres *Amphidonte* ; épaisseur moyenne : 0,10 m ; un demi-mètre plus haut, la limite entre les unités 25 et 26 est soulignée par un niveau marneux riche en perforations de teinte claire (*Thalassinoides* et *Chondrites*) ;

- l'ensemble K (unité 27) : « *Marnes à Plenus* » où l'on retrouve la succession lithologique des huit « *beds* » définis par Jefferies (1963) à Merstham dans le sud-est de l'Angleterre ; épaisseur : 2,16 m au Grand Blanc-Nez, se réduisant progressivement à 1,15 m vers la falaise fossile quaternaire de Sangatte ;

- la partie supérieure du sous-ensemble L,a de la Formation du Grand Blanc-Nez : superposition de deux hardgrounds à *Sciponoceras bohemicum anterius* Wright & Kennedy, en relief dans la falaise ; à noter la récolte récente par l'un d'entre nous (F.A.), dans ces hardgrounds, d'un premier exemplaire de l'ammonite *Neocardioceras juddii* (Barrois & Guerne) [cf. Barrois et Guerne, 1878] très exactement à 0,60 m au-dessus des « *Marnes à Plenus* », à l'aplomb du Grand Blanc-Nez ; épaisseur du sous-ensemble lithologique L,a au Grand Blanc-Nez : 0,90 m ;

- le Meads Marl 4 (la terminologie des niveaux marneux est celle définie en 1986 par Mortimore à Eastbourne dans le Sussex, au sud-est de l'Angleterre, et elle a priorité) : niveau de marne gris-verdâtre surmontant immédiatement le dernier hardground à *Sciponoceras* du niveau-repère précédent ; épaisseur : quelques centimètres ; la limite Cénomaniens-Turonien est située quelques décimètres au-dessus de ce niveau marneux (voir les discussions in Gale, 1996 et Amédéo *et al.*, 2005).

#### Turonien inférieur

- un banc riche en *Inoceramus mytiloides* Mantell ; épaisseur : 2 m ;

- le Lulworth Marl : niveau pluricentimétrique de marne verdâtre, suivi 0,60 m plus haut, par un hardground dont les nodules sont ferruginisés. Au-dessus du Lulworth Marl s'opère un changement de texture dans les différents faciès de la craie avec la disparition virtuelle des intraclastes et des lits de débris de coquilles d'inocérames (Gale, 1996). Au Cap Blanc-Nez, le Lulworth Marl coïncide avec la limite entre la craie très noduleuse jaunâtre du sous-ensemble L,b, au-dessous, et la craie subnoduleuse plus grisâtre du sous-ensemble L,c, au-dessus Turonien moyen

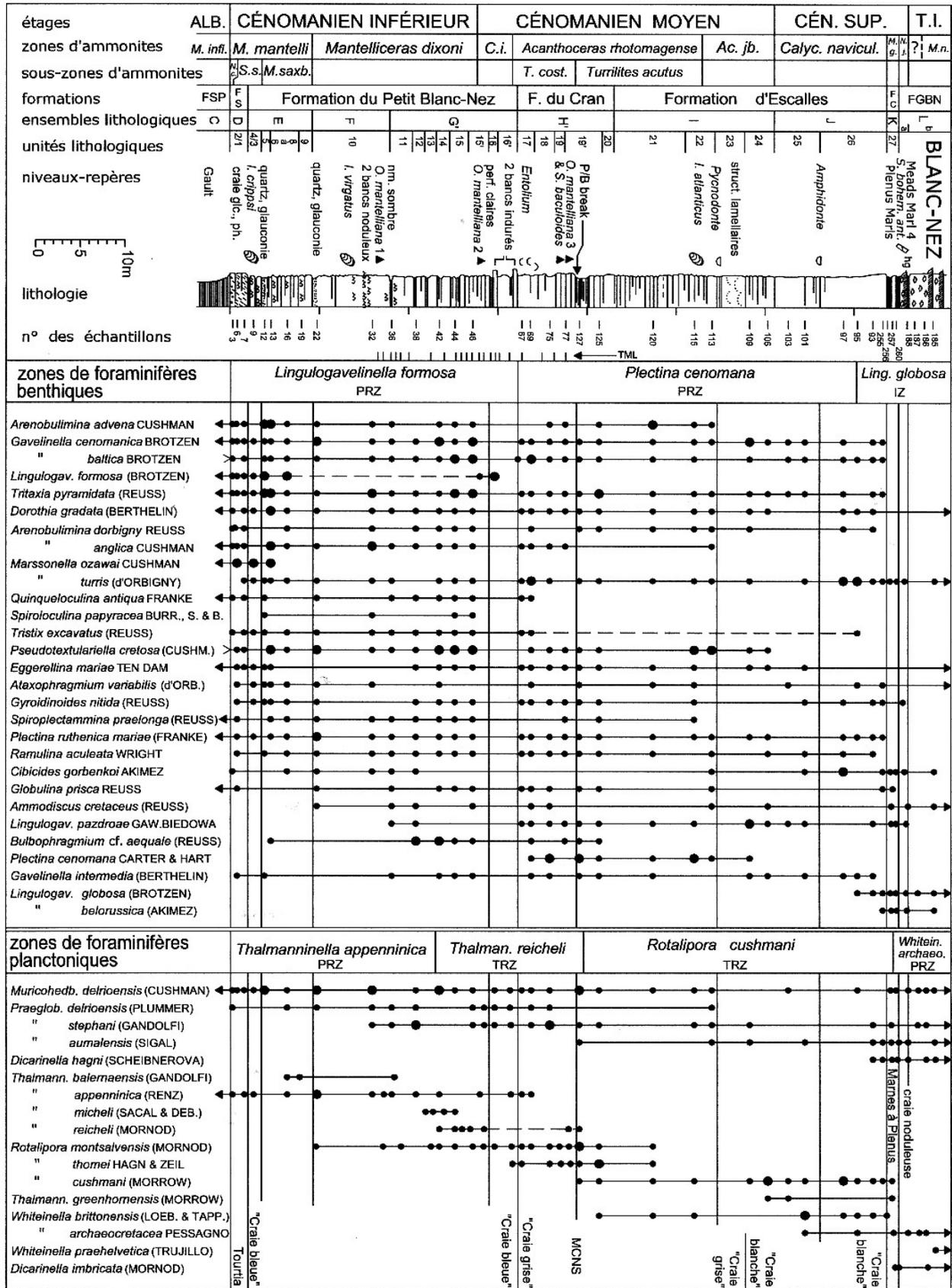


Fig. 3.- Répartition verticale des foraminifères dans les craies cénomaniennes du Cap Blanc-Nez.

Fig. 3. - Vertical distribution of foraminifers in Cenomanian chalks of the Cap Blanc-Nez.

- le Round Down Marl : niveau marneux sombre situé au Cap Blanc-Nez dans la partie moyenne de la craie subnoduleuse du sous-ensemble L,c ; épaisseur : une dizaine de centimètres ;

- les New Pit Marls : deux niveaux marneux pluricentimétriques bien contrastés, séparés par un banc crayeux assez massif, d'environ 2 m d'épaisseur ; les New Pit Marls 1 et 2 surmontent immédiatement la craie noduleuse et subnoduleuse jaunâtre de la Formation du Grand Blanc-Nez et marquent la base de la Formation des Mottelettes constituée de craie blanc-grisâtre ;

- un banc riche en *Inoceramus lamarcki* Parkinson ; épaisseur : 1,20 m ;

- les Glynde Marls : faisceau de minces niveaux marneux sombres, répartis sur une hauteur de 2,60 m ; au Cap Blanc-Nez, les Glynde Marls débutent par une paire de niveaux marneux, mieux soulignés que les niveaux environnants, et se terminent par un triplet de niveaux marneux également bien nets. À noter que le niveau marneux inférieur (Glynde Marl 1) est un niveau de bentonite de 10 cm d'épaisseur correspondant à un dépôt instantané de cendres d'origine volcanique (Wray, 1999).

#### Turonien supérieur

- les Southerham Marls : groupe de quatre niveaux marneux équidistants, dont le premier et le dernier sont plus épais et mieux soulignés que les deux niveaux médians ; épaisseur : 2 m ; le premier est une bentonite d'origine volcanique (Vanderaverroet *et al.*, 2000 ; Godet *et al.*, 2003) ;

- le Caburn Marl : niveau marneux décimétrique sombre, très sensible à l'action des agents atmosphériques, il apparaît en creux dans la falaise. Ce niveau facilement repérable surmonte un lit de gros silex ; comme le Glynde Marl 1 et le Southerham Marl 1, le Caburn Marl est un niveau de bentonite (Deconinck *et al.*, 1991 ; Vanderaverroet *et al.*, 2000) ;

- les Bridgewick Marls : paire (au Cap Blanc-Nez) de niveaux marneux décimétriques, en creux dans la falaise, perchés au sommet de la falaise du Grand Blanc-Nez, associés à de gros silex cornus et à des hardgrounds dont certains sont très fossilifères, riches en échinides : *Sternotaxis plana* (Mantell), *Micraster leskei* Desmoulins, et en ammonites : *Subprionocyclus bravaisianus* (d'Orbigny), *S. hitchinensis* (Billinghurst), *S. branneri* (Anderson), *Lewesiceras mantelli* Wright & Wright, *Sciponoceras bohemicum bohemicum* (Fritsch), *Scaphites geinitzii* d'Orbigny, *Sc. pseudoaequalis* Yabe, *Allocrioceras angustum* (J. de C. Sowerby), *Hyphantoceras reussianum* (d'Orbigny), *Didymoceras saxonium* (Schlüter), etc. ; le Bridgewick Marl 1 est constitué de bentonite d'origine volcanique (Vanderaverroet *et al.*, 2000) ;

- le Lewes Marl : niveau décimétrique affleurant sur quelques dizaines de mètres dans un sommet de falaise situé à 750 m au nord-est du Cap Grand Blanc-Nez, également d'origine volcanique.

Les derniers mètres de l'étage Turonien ne sont pas visibles dans la partie vive du Cap Blanc-Nez en raison de la pelouse crayeuse qui coiffe le sommet de la falaise et oblitère les affleurements. Toutefois, la limite Turonien-Coniacien se trouve entre ce sommet de falaise vive et la plate-forme qui porte le monument du Dover Patrol. En effet, dans les années 2005, des tranchées opérées en vue de l'aménagement de cette plate-forme ont mis au jour un mince lit continu de silex plat interprété comme un équivalent de l'East Cliff Marl qui, en Angleterre, se trouve à la moitié environ du Coniacien (cf. discussion in

Amédéo & Robaszynski, 2001d et 2006). En outre, cet intervalle affleure à 10 km au sud-est, dans la tranchée de chemin de fer de Caffiers, où on peut l'observer à proximité du petit pont routier et qui montre à son sommet le Navigation Hardground terminant le Turonien (cf. *infra*). Au total, 29 niveaux particuliers correspondant à l'enregistrement d'événements à caractère lithologique ou bio-écologique permettent de se repérer avec précision dans la succession des craies cénomano-turonien du Cap Blanc-Nez, le 30<sup>e</sup> niveau n'étant bien observable qu'à Caffiers.

### III. – LA TRANCHÉE DE CHEMIN DE FER DE 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 Cénomani supérieur au Coniacien. L'affleurement est aujourd'hui très dégradé en raison de la végétalisation des talus mais, pendant près d'une décennie, 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, Amédéo *et al.* (1980), Robaszynski & Amédéo (1986) et Amédéo & Robaszynski (2001 d). La suite lithologique de la tranchée de Caffiers, pour sa partie turonienne, 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 du pont routier qui enjambe la tranchée, puis du bas vers le haut, de 112 m à 148 m en partant du pied nord du même pont vers la gare de Caffiers.

#### 1) Les niveaux-repères

Du bas vers le haut on retrouve, entre les niveaux 111 m et 19,50 m, la même succession de niveaux-repères qu'au Cap Blanc-Nez depuis les hardgrounds à *Sciponoceras bohemicum anterius* du Cénomani supérieur jusqu'au Lewes Marl. À noter que les Bridgewick Marls sont ici au nombre de trois, contre deux au Cap Blanc-Nez. La corrélation présentée par Amédéo & Robaszynski (2001 b) suggère la disparition du Bridgewick Marl 2 dans les falaises du Cap Blanc-Nez (comme d'ailleurs à Douvres) parallèlement au développement d'une ébauche de hardground. La moitié inférieure de l'intervalle compris entre les Bridgewick Marls et le Lewes Marl, perchée au sommet des falaises du Grand Blanc-Nez (Fig. 2) et inaccessible, est aussi caractérisée par la présence de petits silex ramifiés correspondant à la silicification de bioturbations de type *Thalassinoides* et inclut trois hardgrounds très fossilifères, spécialement riches en échinides (*Sternotaxis plana*, *Micraster leskei*) et en ammonites (*Subprionocyclus bravaisianus*, *Lewesiceras mantelli*, *Scaphites geinitzii*, *Sciponoceras bohemicum bohemicum*...), en particulier au mètre 29. Au-dessus du Lewes Marl, la succession des niveaux-repères encadrant la limite Turonien-Coniacien est la suivante :

#### Turonien supérieur

- le Navigation Hardground, demi-métrique ; la récolte à la surface de ce hardground à Douvres de l'inocérame *Cremnoceramus deformis erectus* (Meek) - taxon retenu lors du « Second Symposium sur les limites des étages du Crétacé » de Bruxelles en 1995 pour définir la base de l'étage Coniacien

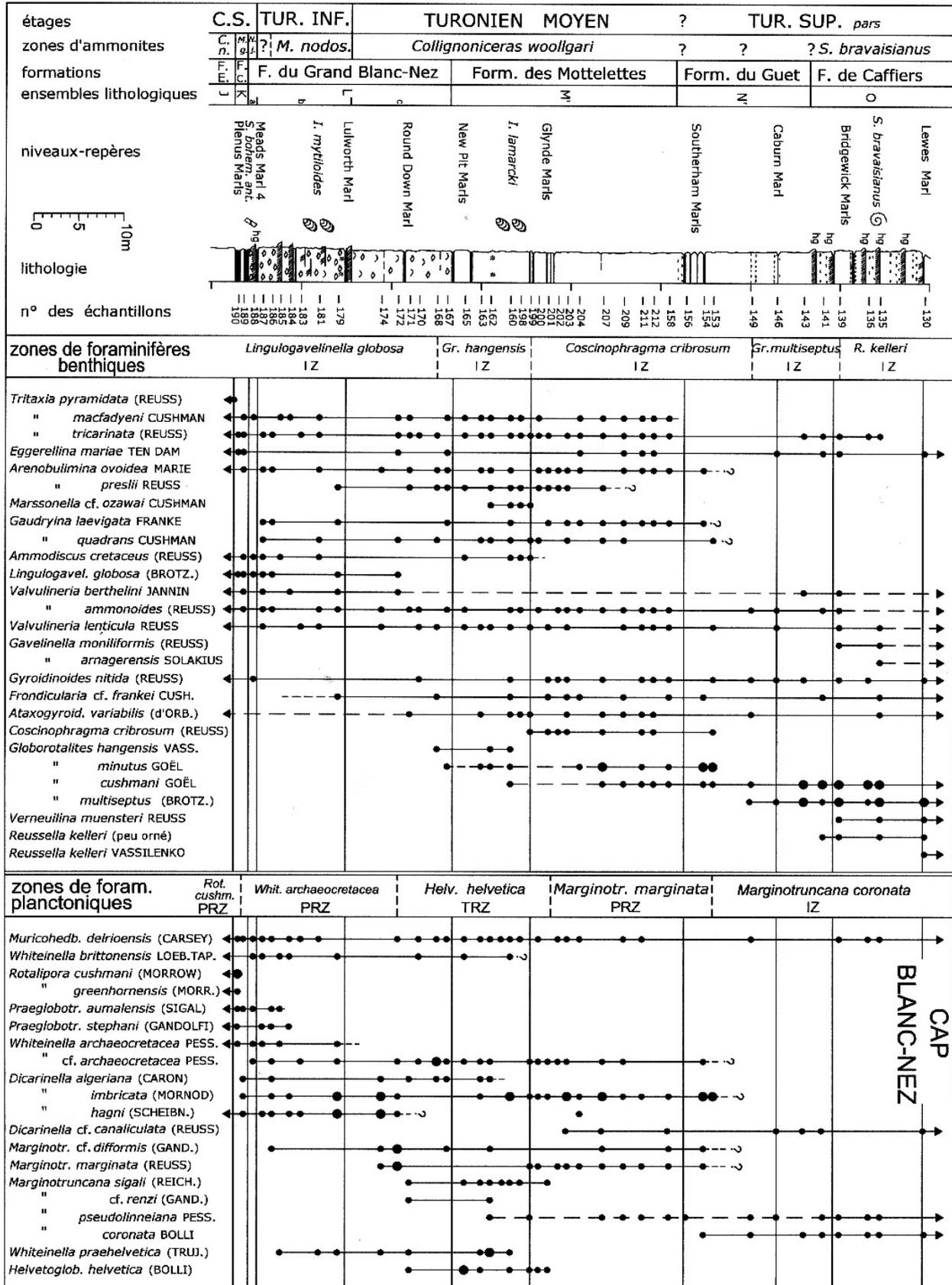


Fig. 4.- Répartition verticale des foraminifères dans les craies turoniennes du Cap Blanc-Nez.

Fig. 4. - Vertical distribution of foraminifers in Turonian chalks of the Cap Blanc-Nez.

(Kauffman *et al.*, 1996) - permet de fixer la limite Turonien-Coniacien à la limite supérieure du Navigation Hardground (Mortimore *et al.*, 2001).

#### Coniacien

- le Hope Gap Hardground, pluridécimétrique ;
- le Beeding Hardground, bien développé et également pluridécimétrique ;
- le Light Point Hardground, comparable par son épaisseur et sa structure aux deux hardgrounds précédents ;
- le premier niveau de silex plats, correspondant probable de l'East Cliff Marl de la côte anglaise et situé à la moitié environ du Coniacien (Amédéo & Robaszynski, 2001d et 2006).

### 2) La discontinuité des récoltes d'ammonites dans les craies turoniennes et coniaciennes

À la différence des craies cénomaniennes où des ammonites sont présentes en grand nombre à tous les niveaux, les récoltes sont beaucoup plus discontinues dans les craies turoniennes, en particulier dans l'intervalle compris entre les New Pit Marls et les Bridgewick Marls ainsi qu'au-dessus du Lewes Marl. C'est la raison pour laquelle, dans les cartouches des figures 3 et 4, l'attribution stratigraphique de plusieurs portions de la succession lithologique reste incertaine, comme aussi la position exacte de la limite Turonien moyen - Turonien supérieur si on la définit par l'apparition de l'ammonite *Romaniceras deverianum* (d'Orbigny). En effet, les premiers *R. deverianum* récoltés jusqu'à présent dans les craies du bassin anglo-parisien, en particulier dans le Sussex (Mortimore, 1986 ; Gale, 1996 ; Mortimore *et al.*, 2001), proviennent de la partie moyenne de l'intervalle compris entre le Caburn Marl (situé au-dessus) et les Southerham Marls (en dessous). Il serait *a priori* logique de placer à cet endroit la base du Turonien supérieur. Cependant, dans la coupe de Liencres en Espagne (Wiese & Kaplan, 2001), la première apparition de l'espèce est observée encore plus bas, au niveau d'un événement géochimique (pic positif en  $\delta^{13}\text{C}$ ) nommé Pewsey Event par Gale (1996) et situé dans la coupe de Douvres dans le Kent quelques mètres sous les Southerham Marls (Jenkyns *et al.*, 1994). Y a-t-il une insuffisance des récoltes d'ammonites dans les craies du bassin anglo-parisien (seule une dizaine de *R. deverianum* y a été recueillie) ou un réel diachronisme dans les niveaux d'apparition de cette espèce entre les domaines téthysien et boréal, ce qui pourrait suggérer une migration venant du sud ? La question n'est pas résolue et reste pendante.

En ce qui concerne l'étage Coniacien, la zone à *Forresteria petrocoriensis* n'a pas été formellement reconnue dans le Boulonnais, mais est indiquée par comparaison avec le Kent, l'index de zone ayant été récolté dans le Navigation Hardground à Douvres (Gale & Woodroof, 1981). La zone suivante à *Peroniceras tridorsatum* est en revanche bien individualisée par la récolte de plusieurs ammonites caractéristiques à Caffiers et dans la région lilloise (Amédéo & Robaszynski, 1978, 2006).

### 3) Le diachronisme des formations turoniennes

Quatre formations ont été créées dans les craies turoniennes du Boulonnais par Robaszynski, Amédéo *et al.* (1980), du bas vers le haut les : Formation du Grand Blanc-Nez (craie noduleuse ; 22,45 m au Cap Blanc-Nez, les 0,90 m inférieurs étant attribués au Cénomaniens), Formation des Mottelettes

(craie marneuse, subnoduleuse ; 25 m au Cap Blanc-Nez), Formation du Guet (craie blanche à silex rares ; 15,25 m au Cap Blanc-Nez) et Formation de Caffiers (craie blanche à nombreux silex ; seuls les 32 m inférieurs de la Formation appartiennent à l'étage Turonien dans la localité type, le reste représentant le Coniacien). Ces formations sont définies par leur faciès. Il convient toutefois de souligner que, sauf en ce qui concerne la craie blanche à nombreux silex de la Formation de Caffiers, l'âge des formations varie suivant les coupes en raison d'un diachronisme des faciès entre les falaises de Douvres, celles du Cap Blanc-Nez, la tranchée de chemin de fer de Caffiers et l'Artois (Amédéo & Robaszynski, 2001 b, 2006). Si l'on considère uniquement les falaises du Cap Blanc-Nez (Fig. 4) et la tranchée de chemin de fer de Caffiers (Fig. 5), la craie noduleuse de la Formation du Grand Blanc-Nez monte au Cap Blanc-Nez jusqu'au New Pit Marl 1. À Caffiers, la limite supérieure de la formation est située beaucoup plus bas, sous le Lulworth Marl. De la même façon, l'apparition des silex se fait au Cap Blanc-Nez à 1 m sous les Southerham Marls. À Caffiers, le premier lit de silex se trouve immédiatement sous le Caburn Marl. La réduction progressive du nord-ouest vers le sud-est de la craie noduleuse de la Formation du Grand Blanc-Nez vers le bas de la succession et de la craie à silex rares de la Formation du Guet vers le haut entraîne corrélativement dans la partie médiane une augmentation d'épaisseur de la craie marneuse de la Formation des Mottelettes. Cette évolution latérale des faciès trouve son aboutissement 50 km plus au sud avec la présence en Artois et dans le Douvais d'un Turonien uniquement marneux (faciès des "Dièves" ; Gosselet, 1911 ; Amédéo & Robaszynski, 1987).

## IV. – LES FORAMINIFÈRES DU CÉNOMANIEN (CAP BLANC-NEZ)

### 1) Les termes lithologiques

Pour ce qui suit, plusieurs ensembles lithologiques et quelques niveaux-repères parmi ceux décrits ci-dessus seront utilisés, dont on rappelle les termes ci-après, du bas vers le haut :

- les argiles à faciès Gault (Albien, ensemble C) ;
- la craie glauconieuse (ou Tourtia, ensemble D) ;
- la « Craie bleue » (ensembles D, E, F, G') ;
- la « Craie grise » (ensembles H' et I pars) ;
- le banc à structures lamellaires (banc 23 de l'ensemble I au Cap Blanc-Nez, correspondant au "Jukes-Browne bed 7" à Douvres) ;
- la « Craie blanche » (unité 24 de l'ensemble I et ensemble J) ;
- les marnes à *Actinocamax plenus* (ensemble K ou Plenus Marls) ;
- le niveau marneux Meads Marl 4 (base de l'ensemble L,b).

Remarque : en plus des niveaux-repères visibles sur le terrain, un autre événement est à signaler. Il s'agit de la « *Mid-Cenomanian Non Sequence* » ou MCNS de Hart & Tarling (1974), située dans l'unité 19' de l'ensemble H' au sommet du 3<sup>e</sup> niveau à *Orbirhynchia mantelliana*, qui coïncide avec une augmentation brutale de la proportion de foraminifères planctoniques par rapport aux foraminifères benthiques. C'est le « *Planktonic/Benthic break* » qui fait passer le rapport de 5% à plus de 50% (Carter & Destombes, 1972 ; Carter & Hart, 1977 ; Jouchoux, 1994 ; Paul *et al.*, 1994). La MCNS est interprétée



comme un approfondissement assez rapide de la mer lié à une élévation du niveau marin relatif (Robaszynski *et al.*, 1998) et considérée par certains comme le premier maximum transgressif du Crétacé supérieur (Miller *et al.*, 2005).

## 2) Actualisations taxinomiques, distributions verticales et zonations

L'essentiel des données relatives à la distribution verticale des espèces livrées par les craies cénomaniennes a été présenté au Colloque sur le Cénomaniens organisé par le Groupe Français du Crétacé à Paris en septembre 1976 (Philip, 1978), puis repris dans la Synthèse biostratigraphique de l'Aptien au Santonien du Boulonnais (Robaszynski, Amédéo *et al.*, 1980). De ce fait, les déterminations des foraminifères benthiques menées en 1975-1976 n'ont pas pu bénéficier des recherches effectuées outre-Manche par Carter & Hart (1977). Il en est de même pour les foraminifères planctoniques puisque l'Atlas des formes du Crétacé moyen a été publié seulement en 1979 (Robaszynski, Caron *et al.*, 1979). Les travaux du Tunnel sous la Manche ont aussi apporté des précisions sur la distribution de plusieurs marqueurs (Jouchoux, 1991, 1994). Enfin, les levés complémentaires en falaise lors du creusement du Tunnel ont révélé l'omission de plusieurs bancs qui devaient être réintégrés dans la succession lithologique de référence (cf. *supra*). En conséquence, les tableaux de 1978 et 1980 se devaient d'être modifiés, à la fois pour la colonne lithologique et pour la distribution des taxons.

### a) Foraminifères benthiques

Depuis notre première présentation de la distribution verticale des foraminifères dans le Cénomaniens du Cap Blanc-Nez (Robaszynski *in* Amédéo *et al.*, 1978), une révision du matériel ainsi que la tenue en compte de divers travaux repris dans le texte ont apporté les modifications suivantes.

- *Marssonella ozawai* Cushman est abondante dans les unités 1 à 5 (et déjà présente dans l'Albien terminal, Hart & Harris, 2012).

- *Lingulogavelinella formosa* (*Cibicides formosa* Brotzen, 1945) a antériorité et doit remplacer *Lingulogavelinella jarzevae* (*Anomalina jarzevae* qui est un synonyme junior, cf. Vassilenko, 1954). L'espèce, déjà présente dans l'Albien supérieur, se développe dans les unités 1 à 8 du Cénomaniens puis, après une absence dans les unités 9 à 14, elle revient dans les unités 15' et 16. Sa présence est indicative d'une réduction de la tranche d'eau marine.

- *Plectina cenomana* (Carter & Hart, 1977) nomme mieux la forme indiquée antérieurement « *Lingulogavelinella* sp. cf. *intermedia* Ten Dam ».

- *Gavelinella intermedia* (Berthelin) nomme plus correctement « *Lingulogavelinella* sp. cf. *globosa* » (Brotzen).

Dans le bassin anglo-parisien, l'étage Cénomaniens est bien caractérisé par l'association des formes benthiques suivantes, même si la plupart apparaissent déjà dans l'Albien supérieur : *Arenobulimina advena* (Cushman), *Gavelinella cenomanica* Brotzen, *G. baltica* Brotzen, *G. intermedia* (Berthelin), *Tritaxia pyramidata* (Reuss), *Pseudotextulariella cretosa* (Cushman) et *Plectina ruthenica mariae* (Franke). En outre, la « Craie bleue » (Cénomaniens inférieur et base du Cénomaniens moyen par les ammonites) contient deux espèces particulières : *Marssonella ozawai* Cushman (cantonnée dans les bancs de base) et *Lingulogavelinella formosa* (Brotzen), elle aussi présente à

la base mais dont une récurrence se retrouve plus haut, dans la première zone du Cénomaniens moyen à *Cunningtoniceras inerme*. Quant à la « Craie grise » elle peut se caractériser par l'espèce *Plectina cenomana* (Carter & Hart) tandis que le banc de « craie blanche », situé au-dessus des structures lamellaires de l'unité 23, voit l'apparition de *Lingulogavelinella globosa* (Brotzen), espèce qui persiste jusque dans la partie inférieure du Turonien.

Si l'on voulait prendre en compte les distributions verticales de l'ensemble des foraminifères benthiques, tant agglutinés que calcaires, on aboutirait à la subdivision du Cénomaniens en huit zones de Carter & Hart (1977). Les études détaillées de ces auteurs sont fondées sur l'examen des résidus de lavage des nombreux échantillons prélevés dans les forages réalisés dans le cadre du « Channel Tunnel Study » et leurs résultats sont valables des deux côtés du Pas de Calais. Toutefois, les distributions verticales de certaines de nos espèces sont parfois un peu différentes par le fait que la présente étude est fondée principalement sur la seule coupe du Cap Blanc-Nez. Aussi ne retiendrons nous ici qu'une subdivision en trois zones indexées sur trois espèces très facilement reconnaissables et non concurrentes : *Lingulogavelinella formosa* (Cénomaniens inférieur et base du Cénomaniens moyen), *Plectina cenomana* (Cénomaniens moyen à supérieur *p.p.*) et *Lingulogavelinella globosa* (Cénomaniens supérieur à Turonien basal).

### b) Foraminifères planctoniques

Dans notre première présentation des distributions verticales des espèces en 1978 les dénominations génériques n'avaient pas encore été révisées. Elles le furent après les réunions du Groupe de Travail Européen sur les Foraminifères Planctoniques (Robaszynski, Caron *et al.*, 1979). En conséquence, l'espèce « *hagni* » Scheibnerova est maintenant attribuée au genre *Dicarinella*. Trois autres points méritent d'être précisés.

- Suivant la mise au point de Gonzalez Donoso *et al.* (2007), plusieurs spécimens de *Rotalipora balernaensis* (Gandolfi) ont été repérés dans des échantillons du Cénomaniens inférieur.

- Parmi les rotalipores, bien que l'espèce « *thomei* » Hagn & Zeil soit considérée comme faisant partie du spectre de *R. cushmani* (Morrow), nous avons maintenu ici ce taxon car il semble constituer une sorte de relais entre *R. montsalvensis* Mornod (= *R. evoluta* Sigal *in* Carter & Hart, 1977) et *R. cushmani*. C'est une forme très facilement reconnaissable avec souvent 4 loges au dernier tour de spire et une face spirale bombée.

- Un apport très important relatif à la distribution verticale de *Thalmanninella reicheli* (Mornod) résulte des travaux micropaléontologiques que TML avait diligentés lors du suivi de l'avancement des tunneliers pour le creusement du Tunnel sous la Manche. Engagée pour étudier les sondages liés à cet avancement, Annick Jouchoux avait effectué une étude quantitative des formes planctoniques des craies allant du sommet de l'unité lithologique 10 à l'unité 19' incluse. Dans ses résultats (Jouchoux, 1991, 1994), on note qu'elle retrouve le niveau à *Th. reicheli* que nous avions observé en 1976 dans les unités 14 et 15 (celui-ci monte en réalité jusque dans l'unité 15'), mais, surtout, elle met en évidence l'existence d'un deuxième niveau à *Th. reicheli* dans le tiers inférieur de l'unité 19'. En outre, ses comptages ont montré qu'au-dessus du 3<sup>e</sup> niveau à *Orbirhynchia mantelliana*, le pourcentage en foraminifères planctoniques augmente fortement, ce qui confirme l'existence à cet horizon de la MCNS de Carter & Hart (1977).

En tenant compte de ces informations, la zonation du Cénomanién sur base de foraminifères planctoniques reste quadripartite mais avec des intervalles assez modifiés puisque la distribution totale de *Th. reicheli*, au lieu d'être restreinte à quelques mètres, augmente jusqu'à un peu plus de 16 m. On a maintenant successivement : une PRZ (partial range-zone) à *Th. appenninica* (Cénomanién inférieur), une TRZ (total range-zone) à *Th. reicheli* (fin du Cénomanién inférieur jusqu'au premier tiers du Cénomanién moyen), une quasi TRZ à *Rotalipora cushmani* (Cénomanién moyen à supérieur non terminal) et une PRZ à *Whiteinella archaeocretacea*, correspondant à l'ancienne « zone à grandes globigérines » de Lehmann (1963) et *auct.* (Cénomanién terminal, Turonien basal).

## V. – LES FORAMINIFÈRES DU TURONIEN (CAP BLANC-NEZ, CAFFIERS)

### 1) Les termes lithologiques

La falaise du Cap Grand Blanc-Nez expose dans sa partie supérieure des craies du Turonien. La partie terminale de l'étage étant oblitérée par le couvert végétal, il fallut se reporter à la coupe de la tranchée du chemin de fer à Caffiers, où cette partie était accessible dans les années 1980. Dans les deux sites on trouve plusieurs repères lithologiques au-dessus des hardgrounds à *Sciponoceras bohemicum anterius* d'âge cénomanién terminal, soit de bas en haut :

- le Meads Marl 4, à la base de l'unité lithologique L,b de la Formation du Grand Blanc-Nez ;

- la craie noduleuse qui forme cette unité L,b, limitée vers le haut par le Lulworth Marl et un hardground ;

- la craie subnoduleuse, ou unité L,c, avec le Round Down Marl et les New Pit Marls à la partie supérieure ;

- la craie marneuse (Formations des Mottelettes et du Guet) avec trois niveaux ou faisceaux de niveaux marneux, successivement les Glynde Marls, Southerham Marls et Caburn Marl ;

- la craie blanche et granuleuse avec des niveaux de silex et des hardgrounds (Formation de Caffiers), débutant à la base par deux hardgrounds surmontés des Bridgewick Marls. La succession atteint le Lewes Marl au sommet de la falaise du Grand Blanc-Nez tandis qu'elle se développe jusque dans le Coniacien à Caffiers, ce qui nécessite le recours aux deux coupes pour couvrir l'ensemble de l'étage turonien.

Remarques :

- Les épaisseurs du Turonien sont assez voisines dans les deux sites : environ 85 m au Cap Blanc-Nez et 100 m à Caffiers.

- La Formation du Guet (craie blanche à silex rares) a été définie au Cap Blanc-Nez à l'apparition des premiers silex juste sous les Southerham Marls. À Caffiers, les Southerham Marls sont bien repérées mais la craie qui les supporte ne contient pas de silex, les premiers silex visibles apparaissant plus haut sous le Caburn Marl. Les niveaux marneux représentant des dépôts d'origine volcanique, donc instantanés et à grande extension géographique, on les utilisera de préférence aux silex pour se repérer dans la succession.

### 2) Actualisations taxinomiques, distributions verticales et zonations

Comme pour le Cénomanién, les informations micropaléontologiques originales relatives aux coupes du Turonien du Cap Blanc-Nez et de Caffiers ont été publiées dès 1978 (Robaszynski *in* Amédéo *et al.*, 1978 a-b, 1979) et n'avaient pas bénéficié des travaux ultérieurs, tant pour les foraminifères planctoniques que pour les benthiques (Hart *et al.*, 1989 ; Solakius & Larsson, 1986 ; Solakius, 1988). Ainsi, plusieurs dénominations doivent être actualisées.

#### a) Foraminifères planctoniques

Avant d'aborder la zonation du Turonien, un point doit être précisé au sujet de l'espèce *Marginotruncana marginata* : l'espèce a été créée par Reuss (1845) et figurée par ses faces spirale et ombilicale mais sans profil (Reuss, 1845, pl. 8, fig. 54 a-b et 74 a-b ; et pl. 13, fig. 68 a-b) ; en outre tous les dessins sont de très petite taille et quelque peu idéalisés, ce qui a conduit à des interprétations assez différentes allant de formes globuleuses à 2 carènes (Cushman, 1946, pl. 26, figs 1-2 ; Hagn & Zeil, 1954, pl. 2, fig. 4) à des formes à 1 carène (Hofker, 1956). Un lectotype (pl. 13, figs 68 a-b de Reuss, 1845) a été désigné par Bolli *et al.* (1957, p. 46) correspondant sensiblement à la description de Reuss « avec profil tronqué » (c'est-à-dire implicitement une forme bicarénée) mais sans donner plus de satisfaction. Pour remédier à cette situation un néotype a été désigné et figuré par Jirova (1956) à partir de topotypes. Nos spécimens ont été déterminés par comparaison avec ce néotype et les formes associées (Jirova, 1956, néotype pl. 1, fig. 1 ; et variétés pl. 2, fig. 1-3). Il s'agit de tests à 4-7 loges, les loges étant souvent assez globuleuses, à 2 carènes pas très fortes délimitant un bandeau carénal étroit à large, une face ombilicale à ombilic large bordé par des lèvres ou portici assez développés et des sutures entre les loges, radiales à faiblement sigmoïdes entre les dernières loges. Ce qui correspond sensiblement à l'illustration donnée par Koch (1977, pl. 4, fig. 5-7) et à l'une des figurations présentée dans l'Atlas du Crétacé moyen (Robaszynski, Caron *et al.*, 1979, pl. 64, fig. 1 a, b, c). Un détail maintenant à propos d'*Hedbergella delrioensis* (Carsey) : le taxon est transféré au nouveau genre *Muricohedbergella* Verga & Premoli Silva [cf. Premoli Silva & Verga, 2004].

Pour ce qui concerne la zonation, on retrouve dans le Boulonnais les subdivisions assez classiques du Turonien dont les limites sont placées à des niveaux sensiblement identiques dans les deux sites du Cap Blanc-Nez et de la tranchée de Caffiers, successivement, de bas en haut :

- *Whiteinella archaeocretacea* PRZ : c'est la « zone à grandes globigérines » de Lehmann (1963) qui commence dans le Cénomanién supérieur, un peu sous la zone de bélemnite à *Actinocamax plenus* dans les deux coupes ;

- *Helvetoglobotruncana helvetica* TRZ : zone comprise dans le Turonien moyen, de dessous les New Pit Marls au Glynde Marl ; au Cap Blanc-Nez les formes annonciatrices de l'index, les *Whiteinella praehelvetica*, sont déjà présentes au Turonien inférieur (ailleurs dans le monde, ces premières formes, assez rares, ont été signalées déjà dans le Cénomanién terminal) ;

- *Marginotruncana marginata* PRZ : l'espèce index est déterminée suivant le néotype de Jirova (1956), cf. *supra* ;

- *Marginotruncana coronata* IZ : zone commençant entre les Southerham Marls et le Caburn Marl. Ici, en domaine boréal, les deux carènes rapprochées de cette espèce ne sont pas fortes comme on peut le voir dans des spécimens de la Téthys (c'est le cas également des *Marginotruncana pseudolinneiana* associées).

### b) Foraminifères benthiques

Quelques remarques sur plusieurs taxons sont nécessaires pour éclairer leur statut spécifique.

- Dans le genre *Globorotalites*, connu de l'Albien au Maastrichtien, de nombreuses espèces ont été créées, depuis d'Orbigny (1840) jusqu'à Goël (1965) en passant par Carsey (1926), Sandidge (1932), Morrow (1934), Brotzen (1936), Ten Dam & Magné (1948) et beaucoup d'autres. Dans le Boulonnais le genre apparaît seulement à partir du Turonien moyen. Une révision de nos déterminations antérieures pour l'intervalle Turonien moyen-Coniacien inférieur a conduit à distinguer uniquement 4 morphotypes que l'on considèrera comme des espèces, soit successivement du bas vers le haut : i/ *Globorotalites hangensis* Vassilenko : petite forme, 0,2 - 0,3 mm, surbaissée, subcylindrique, à ombilic très largement ouvert [cf. Vassilenko, 1961] ; ii/ *Globorotalites minutus* Goël, 1965 : petite forme, 0,2 - 0,3 mm, surbaissée également mais avec un étranglement du cône ombilical, ombilic encore large ; iii/ *Globorotalites cushmani* Goël, 1965 : forme un peu plus grande, 0,3 - 0,4 mm, tronconique, ombilic de petit diamètre ; terme préféré à *Globorotalites subconicus* (Morrow, 1934) qui a un ombilic encore largement ouvert ; iv/ *Globorotalites* cf. *multiseptus* (Brotzen, 1936) : morphotype plus grand, 0,4 - 0,5 mm, plus nettement conique, ombilic de petit diamètre mais encore ouvert ; terme préféré à *Globorotalites michelinianus* (d'Orbigny, 1840) qui a un ombilic fermé et se développe plus haut.

- *Coscinophragma cribrosum* (Reuss, 1846) : dans la littérature relative au bassin de Paris, cette espèce est citée sous le nom de « *Coscinophragma irregularis* d'Orb. » ou de « *Coscinopora irregularis* d'Orb. » (Goël, 1965, respectivement tableau 1 et p. 60) mais, en réalité, *irregularis* nomme un Lituolidé « *Spirolina irregularis* Roemer, 1841 » (cf. Roemer, 1841, p. 98 et pl. 15, fig. 29) à ouverture simple (cf. Frieg, 1980, p. 228) tandis que le présent taxon *cribrosum*, montre une ouverture criblée. Il a été repris sous divers genres : d'abord sous *Lichenopora* (parmi les bryozoaires) par Reuss (1846, p. 64 et pl. 14, fig. 10) puis sous *Polyphragma* par Reuss (1871, p. 278), et sous *Coscinophragma* par Thalmann (1951), Marie (1960), Kaefer (1974), Frieg & Kaefer (1975) et *Bdelloidina* par Frieg (1980). Selon Loeblich & Tappan (1988, p. 93), *Bdelloidina* nomme des formes attachées au substrat et aplaties tandis que *Coscinophragma* s'applique à des formes érigées et cylindriques, ce qui est le cas pour *cribrosum*, bien illustré par Kaefer (1974) et repris par Loeblich & Tappan (1988, pl. 84, fig. 10-13).

- *Gavelinella arnagerensis* Solakius, 1988 : dénomination qui doit remplacer celle utilisée dans la littérature (par exemple Monciardini, 1978 ; Pomerol *et al.*, 1983 ; Bailey *et al.*, 1984) et par nous-même sous le nom de « *Lingulogavelinella* sp. cf. ou aff. *vombensis* (Brotzen, 1945) ». Les travaux de révision ont été réalisés par Solakius (1988) qui a revu le matériel type de Brotzen dans lequel il a trouvé plusieurs espèces. Après avoir étudié et échantillonné l'Arnager limestone, il a été amené à créer la nouvelle espèce *arnagerensis* dont le niveau type est Coniacien-Santonien tandis que *vombensis* est Maastrichtien.

Le statut de ces espèces étant renseigné, on peut aborder la zonation du Turonien et la comparaison des distributions verticales entre le Cap Blanc-Nez et la tranchée de Caffiers. Plusieurs taxons appartenant à des familles de « *petits benthiques* » subdivisent l'étage Turonien en zones à valeur au moins régionale, du bas vers le haut :

- *Lingulogavelinella globosa* IZ. L'index est une espèce de la famille des Gavelinellidés qui apparaît dans le Cénomien supérieur et s'arrête aux environs du Round Down Marl dans les deux coupes.

- *Globorotalites hangensis* IZ. Le marqueur est un autre Gavelinellidé, de très petite taille. Il apparaît dans les deux coupes un peu sous les New Pit Marls et peut monter un peu dans la zone suivante.

- *Coscinophragma cribrosum* IZ. Cette espèce arénacée agglutinante est facilement repérable par ses loges cylindriques criblées, de grande taille (0,5-1 mm), souvent en grand nombre, fragmentées dans les lavages mais visibles à la loupe sur le terrain ou dans les carottes de sondage. Elle est commune dans les faciès marneux du Turonien moyen des deux coupes et souvent associée au petit brachiopode (4-7 mm) *Terebratulina gracilis* d'Orbigny = *lata* (Etheridge).

- *Globorotalites multiseptus* IZ. Les petites formes de *Globorotalites* (*hangensis*, *minutus*, *cushmani*) deviennent plus rares et laissent la place, dans les deux coupes, un peu avant le Caburn Marl à *multiseptus*, une espèce de taille plus grande, avec un profil nettement plus conique et un ombilic encore ouvert.

- *Reussella kelleri* IZ. Annoncée par des formes très petites et nettement moins ornées, l'espèce index se remarque immédiatement par son test trisériel à loges anguleuses et épineuses. Elle apparaît au-dessus des Bridgewick Marls au Cap Blanc-Nez et un peu plus haut, au-dessus du Lewes Marl à Caffiers.

Ainsi, les deux coupes du Turonien sont subdivisées en 5 zones de foraminifères benthiques dont les limites sont pratiquement synchrones (si l'on excepte l'apparition de *R. kelleri* qui s'effectue plus bas au Cap Blanc-Nez qu'à Caffiers). La zone suivante, à *Stensioeina granulata granulata* commence dans le Boulonnais juste au-dessus de la limite avec le Coniacien (alors qu'elle est déjà dans le Turonien supérieur dans la partie orientale de l'Europe et en Allemagne, cf. Koch, 1977).

### 3) Remarques

#### a) Le changement au passage Turonien moyen - supérieur

Un examen d'ensemble des successions lithologiques et des tableaux de distribution des foraminifères planctoniques du Cap Blanc-Nez et de Caffiers met en évidence un changement important qui se manifeste entre les Glynde et les Southerham Marls, c'est-à-dire sensiblement à l'articulation Turonien moyen-Turonien supérieur. Au-dessous, les foraminifères planctoniques sont fréquents et différenciés en une douzaine d'espèces majeures, au-dessus ne subsistent que 4 à 5 espèces, devenant de plus en plus rares dans les résidus de lavage. Ce changement se voit aussi dans la lithologie avec, au-dessous, des craies noduleuses à subnoduleuses séparées par des lits marneux puis des craies marneuses où la teneur en marnes est élevée et, au-dessus, des craies blanches, granuleuses à fines, entrelardées de niveaux de silex.

Une liaison apparaît ainsi clairement entre le faciès et le biota planctonique. On peut se demander quels paramètres affectent cette relation faciès-biota. Ils sont de plusieurs ordres.

- L'épaisseur de la tranche d'eau qui influe sur le cycle vital des foraminifères planctoniques : les formes globuleuses vivent dans les eaux superficielles tandis que les formes carénées ont besoin d'une tranche d'eau beaucoup plus importante pour

réaliser leur cycle de reproduction (Hart, 1980 a, b ; Caron & Homewood, 1983). La hauteur du niveau marin sur le plateau continental où vivent les foraminifères planctoniques intervient donc dans la diversité des associations.

- La hauteur du niveau marin qui, elle, dépend de plusieurs facteurs dont la tectonique (tributaire des mouvements des plaques lithosphériques, de leur déplacement ou de leur basculement) et l'eustatisme qui, lui, dépend du climat (glaciation par exemple) ou de l'importance de la vitesse d'intumescence des rides médio-océaniques. L'eustatisme affecte le niveau marin mondial tandis que les effets de la tectonique se manifestent de l'échelle régionale à celle d'une plaque.

- Les conditions géochimiques locales de la mer : la température, l'acidité (taux de CO<sub>2</sub> dissous), l'éclairement qui, lui, dépend de cycles astronomiques.

- L'environnement sédimentaire : la position du lieu de sédimentation, dans un bassin ou sur une plate-forme, la présence d'une forêt-filtre, du climat (courants superficiels et sous-marins) etc.

L'intervention de ces paramètres agit sur le contrôle de la nature et de l'abondance des biotas planctoniques des eaux marines dans une région considérée. Dans le cas du Boulonnais, la présence de foraminifères planctoniques sans carène (*Muricohedbergella*, *Whiteinella*) à monocarénés (*Praeglobotruncana*, *Helvetoglobotruncana*) puis bicarénés (*Margino-truncana*) dans le Turonien inférieur et moyen milite en faveur d'une tranche d'eau marine que l'on peut estimer à 100 - 150 m : c'est l'acmé de la transgression marine du Crétacé moyen. Au Turonien supérieur, leur diversité diminue, les formes carénées disparaissent — par exemple *H. helvetica*, *Margino-truncana sigali* (Reichel) — elles sont remplacées par de nouvelles formes carénées mais les morphotypes montrent des carènes peu marquées, des loges souvent globuleuses : *Margino-truncana marginata*, *Dicarinella canaliculata* (Reuss). Ce qui implique que la tranche d'eau diminue et que l'on entre dans une phase de régression marine sur une bordure de bassin. Là, les courants sous-marins vannent l'interface eau-sédiment, laissant d'abord sur place les grains les plus grossiers (craie granuleuse, bioclastes) et aboutissant à la formation de hardgrounds. Ces milieux moins profonds sont favorables au développement de foraminifères benthiques qui deviennent de plus en plus abondants (Gavelinelles, Globorotalites, Reusselles puis Stensioéines au Coniacien).

#### b) Les niveaux marneux à bentonite

Parmi tous les niveaux marneux distribués dans l'ensemble du Turonien et signalés dans la première partie traitant des niveaux-repères, au moins cinq d'entre eux sont des faisceaux où chaque lit marneux est constitué de bentonite. Cette argile provient de la dégradation de cendres issues de volcans localisés au nord de ce qui est devenu les îles britanniques (Pacey, 1984). Y sont associés des éléments minéralogiques caractéristiques d'un volcanisme explosif comme des esquilles de verre volcanique (Godet *et al.*, 2003). L'intérêt de ces niveaux marneux déposés de façon instantanée est de représenter des lignes-temps isochrones dont le repérage a permis le calibrage des deux coupes et leur corrélation. De cette façon le contrôle du parallélisme des apparitions et extinctions de taxons micro- ou macropaléontologiques a pu être assuré avec la meilleure précision.

#### c) Le bas niveau marin relatif du Turonien supérieur

À cette époque, le Boulonnais se trouvait au cœur du bassin sédimentaire anglo-parisien et suffisamment éloigné des côtes de la « mer de la craie » pour que la baisse du niveau marin n'y provoque pas d'émersion mais se marque par des faciès de craie granuleuse (vannée) admettant des horizons de condensation ou de hardgrounds (courants sous-marins). Les biotas correspondent à des milieux marins peu profonds avec des lamellibranches, des échinides et des foraminifères benthiques arénacés et calcaires peu abondants. En revanche, sur les bordures du bassin, en milieu margino-littoral, la baisse du niveau marin aboutit à des périodes d'émersion argumentées par la présence de structures karstiques silicifiées, par l'évolution subaérienne de faciès siliceux comme les pseudostalactites et les microbialites à filaments bactériens mises en évidence au nord du bassin de Mons en Belgique dans les Silicites de Saint-Denis (Baele, 1999 ; 2010, p. 123). À noter que les hardgrounds intercalés entre les Bridgewick Marls et le Lewes Marl contiennent de nombreuses ammonites non seulement à caractère boréal (*Sciponoceras*, *Hyphantoceras*...) mais également cosmopolite (*Puzosia*, *Lewesiceras*, *Subprionocyclus*...). Ces hardgrounds se sont formés à l'occasion d'un bas niveau marin relatif dont les derniers moments commencent à enregistrer les premières manifestations de l'intervalle transgressif qui lui succède et qui se marquent par l'arrivée d'une faune d'ammonites plus diversifiée.

## VI. – CONCLUSION

La révision des contenus micropaléontologiques des marnes et des craies du Cénomaniens et du Turonien dans les deux coupes du Cap Blanc-Nez et de la tranchée de Caffiers ainsi que l'actualisation des dénominations spécifiques pour certains foraminifères planctoniques et benthiques conduisent à plusieurs résultats :

- pour le Cénomaniens, 4 zones de foraminifères planctoniques et 3 zones de foraminifères benthiques divisent l'étage ;

- soit par une pulsation tectonique, soit par une variation positive du niveau marin, soit par la conjonction des deux, le « *Planktonic/Benthic break* » témoigne de la « Mid-Cenomanian Non Sequence » après laquelle se manifeste un approfondissement de la mer permettant le développement de formes planctoniques fortement carénées comme les *Rotalipora cushmani* ;

- pour le Turonien, les subdivisions en 4 zones de foraminifères planctoniques et en 5 zones de foraminifères benthiques peuvent être étalonnées en regard des niveaux marneux à bentonite volcanique et parallélisées dans les deux coupes ; excepté quelques détails ces zones correspondent sensiblement à celles qui ont été signalées en Angleterre par Wilkinson (2011) ;

- la diversité et l'abondance des foraminifères planctoniques au Turonien inférieur et moyen militent en faveur d'un haut niveau marin relatif à cette époque ;

- les faciès de craie grossière, de craies à silex et à nombreux hardgrounds, associés à des biotas pauvres en foraminifères planctoniques, indiquent une réduction progressive de la tranche d'eau au Turonien supérieur, c'est-à-dire une régression qui se traduit en bordure de bassin par des courants qui vannent les particules fines et, dans certaines régions, des émergences (structures karstiques et microbialites siliceuses du Bassin de Mons en Belgique).

**Remerciements.** — M. Bertrand Matrimon (Troyes) a finalisé les figures à l'ordinateur, MM. Alain Blieck et Jean-Pierre De Baere ont corrigé et recalibré les textes, les deux relecteurs, Delphine Desmares (Université P. & M. Curie, Paris) et Danièle

Groshény (Université de Lorraine, Vandœuvre-lès-Nancy) ont apporté des suggestions constructives pour l'amélioration du texte. Qu'il soient tous chaleureusement remerciés.

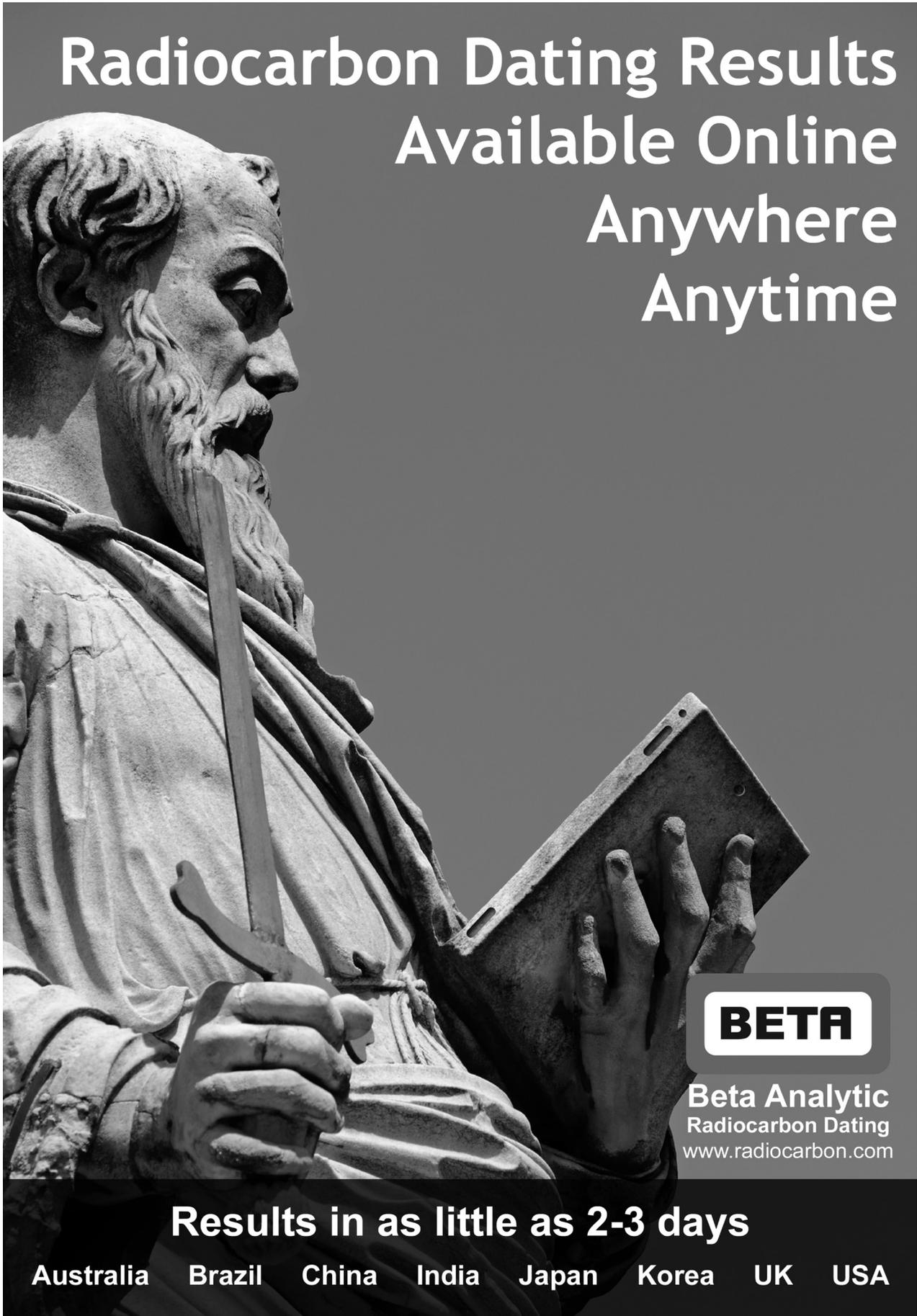
## BIBLIOGRAPHIE

- AMÉDRO F. (1993). — La lithostratigraphie et les biofaciès : des outils de corrélation dans les craies cénomaniennes du Pas de Calais. *Annales de la Société géologique du Nord*, **2** (2<sup>e</sup> série) : 73-80.
- AMÉDRO F. (1994). — Corrélations dans les craies cénomaniennes traversées par le Tunnel sous la Manche (côté France). *Bulletin de la Société géologique de Normandie et des Amis du Muséum du Havre*, **81** : 11-44.
- AMÉDRO F., ACCARIE H. & ROBASZYNSKI F. (2005). — Position de la limite Cénomaniens-Turonien dans la Formation Bahloul de Tunisie centrale : apports intégrés des ammonites et des isotopes du carbone. *Eclogae Geologicae Helveticae*, **98** : 151-167.
- AMÉDRO F., BIDAR A., DAMOTTE R., MANIVIT H., ROBASZYNSKI F. & SORNAY J. (1978 a). — Échelles biostratigraphiques dans le Turonien du Cap Blanc-Nez (Pas-de-Calais, F.). *Bulletin d'Information des Géologues du bassin de Paris*, **15** (2) : 3-20.
- AMÉDRO F., DAMOTTE R., MANIVIT H., ROBASZYNSKI F. & SORNAY J. (1978 b). — Échelles biostratigraphiques dans le Cénomaniens du Boulonnais (Macro-, micro-, nannofossiles). *Géologie Méditerranéenne*, **5** : 5-18.
- AMÉDRO F., DEJONGHE L., DUPUIS C. & ROBASZYNSKI F. (1976). — Les falaises crayeuses du Boulonnais : lithostratigraphie et repères biostratigraphiques de l'Aptien au Sénonien. *Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique de France*, **3** : 91-94.
- AMÉDRO F., MANIVIT H. & ROBASZYNSKI F. (1979). — Échelles biostratigraphiques du Turonien au Santonien dans les craies du Boulonnais (Macro-, micro-, nannofossiles). *Annales de la Société géologique du Nord*, **98** : 287-305.
- AMÉDRO F. & ROBASZYNSKI F. (1978). — *Peroniceras*, faunes et microfaunes associées dans le Nord de la France. Comparaison de quelques sections dans le Turonien-Coniacien. *Annales de la Société géologique du Nord*, **98** : 35-50.
- AMÉDRO F. & ROBASZYNSKI F. (1987). — Influences eustatiques et contrôle tectonique de la sédimentation dans la partie moyenne du Crétacé du Nord de la France. *Mémoires de Géologie de l'Université de Dijon*, **11** : 57-66.
- AMÉDRO F. & ROBASZYNSKI F. (1999). — Les craies cénomaniennes du Boulonnais. Comparaison avec l'Aube (France) et le Kent (Royaume Uni). *Géologie de la France*, **2** : 33-53.
- AMÉDRO F. & ROBASZYNSKI F. (2001 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. *Bulletin de la Société géologique de Normandie et des Amis du Muséum du Havre*, **87** : 9-29.
- AMÉDRO F. & ROBASZYNSKI F. (2001 b). — Les craies turoniennes du Boulonnais (France) au regard de la stratigraphie événementielle. Comparaison avec le Kent (UK) et la Normandie (F). *Bulletin de la Société géologique de Normandie et des Amis du Muséum du Havre*, **87** : 31-49.
- AMÉDRO F. & ROBASZYNSKI F. (2001 c). — Événements sédimentaires et bioécologiques dans les craies du Boulonnais : des repères pour des corrélations précises intra- et interbassins. *Annales de la Société géologique du Nord*, **8** (2<sup>e</sup> série) : 159-171.
- AMÉDRO F. & ROBASZYNSKI F. (2001 d). — Les craies à silex du Turonien au Santonien du Boulonnais (France) au regard de la stratigraphie événementielle. Comparaison avec le Kent (U.K.). *Géologie de la France*, **4** : 39-56.
- AMÉDRO F. & ROBASZYNSKI F. (2006). — Les craies à niveaux durcis du Turonien supérieur-Coniacien inférieur du Nord de la France (Boulonnais, Artois, environs de Lille) : un essai de corrélation à l'aide de la stratigraphie événementielle. *Annales de la Société géologique du Nord*, **13** (2<sup>e</sup> série) : 123-135.
- ANDREIEFF P. & MONCIARDINI C. (1990). — La méthode biostratigraphique et la micropaléontologie : application au repérage du toit de la "craie bleue" du Pas de Calais. In : P. DUFFAUT & P. MARGRON eds : *Le Tunnel sous la Manche*. Presses de l'École nationale des Ponts et Chaussées : 111-116.
- BAELE J.-M. (1999). — Karst et silicification en milieu continental et margino-littoral : deux exemples dans le Méso-Cénozoïque de la Belgique méridionale. *Études de géographie physique*, supplément n° 28 [CAGEP, Université de Provence] : 49-54.
- BAELE J.-M. (2010). — *Mode de formation de la roche silicifiée à bactéries fossiles du Crétacé supérieur du Bassin de Mons (microbélite de Saint-Denis)*. Publication in 4° de la Classe des Sciences, Académie royale de Belgique : 1-133.
- BAILEY H.W., GALE A.S., MORTIMORE R.N., SWIECICKI A. & WOOD C.J. (1984). — Biostratigraphical criteria for the recognition of the Coniacian to the Maastrichtian stage boundaries in the Chalk of south-west Europe, with particular reference to southern England. *Bulletin of the Geological Survey of Denmark*, **33** : 31-39.
- BARROIS C. & GUERNE J. de (1878). — Description de quelques espèces nouvelles de la Craie de l'Est du Bassin de Paris (à *Belemnites plenus*). *Annales de la Société géologique du Nord*, **V** : 42-64.
- BOLLI H.M., LOEBLICH A.R. & TAPPAN H. (1957). — Planktonic foraminiferal families Hantkeninidae, Orbulinidae, Globorotaliidae and Globotruncanidae. In: LOEBLICH A.R. and coll.: *Studies in Foraminifera. United States National Museum Bulletin*, **215** : 3-50.
- BRISTOW C. R., MORTIMORE R.N. & WOOD C.J. (1997). — Lithostratigraphy for mapping the Chalk of southern England. *Proceedings of the Geologists' Association*, **108** : 293-315.
- BROTZEN F. (1936). — Foraminiferen aus dem Schwedischen untersten Senon von Eriksdal in Schonen. *Sveriges Geologiska Undersökning*, Stockholm, ser. C, **30** : 1-206.
- BROTZEN F. (1945). — De geologiska Resultaten från Borningarna vid Höllviken- Preliminär rapport Del I: Kritan. *Sveriges Geologiska Undersökning*, Stockholm, ser. C, **38** : 1-64.
- CARON M. & HOMEWOOD P. (1983). — Evolution of early planktic Foraminifera. *Marine Micropaleontology*, **7** : 453-462.
- CARSEY D.G. (1926). — Foraminifera of the Central Texas. *University of Texas Bulletin*, **2612** : 1-56.
- CARTER D.J. & DESTOMBES J.-P. (1972). — Stratigraphie du Cénomaniens du Détroit du Pas-de-Calais. *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, **79** : 117-121.

- CARTER D.J. & HART M.B. (1977). — Aspects of mid-Cretaceous stratigraphical micropalaeontology. *Bulletin of the British Museum of Natural History (Geology)*, **29** (1): 1-135.
- CUSHMAN J.A. (1946). — Upper Cretaceous Foraminifera of the Gulf Coastal Region of the United States and adjacent areas. *Geological Survey, Professional Paper*, Washington, **206** : 1-160.
- DECONINCK J.-F., AMÉDRO F., DESPRAIRIES A., JUIGNET P. & ROBASZYNSKI F. (1991). — Niveaux-repères de bentonite d'origine volcanique dans les craies du Turonien du Boulonnais et de Haute Normandie. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, **312** (2) : 897-903.
- DESTOMBES J.-P. & SHEPHARD-THORN E.R. (1971). — Geological results of the Channel Tunnel site investigation. *Institute of Geological Sciences, Report 71* (11): 12 p., 1 carte.
- DUFFAUT P. & MARGRON P. eds (1990). — *Le Tunnel sous la Manche – Géologie et Géotechnique*. Presses de l'École nationale des Ponts et Chaussées, Paris : 329 p.
- ERNST G., SCHMID F. & SEIBERTZ E. (1983). — Event-Stratigraphie im Cenoman und Turon von NW-Deutschland. *Zitteliana*, **10** : 531-554.
- FRIEG C. (1980). — Neue Ergebnisse zur Systematik sandschaliger Foraminiferen im Cenoman des südwestlichen Münsterlandes. *Paläontologische Zeitschrift*, **54** : 225-240.
- FRIEG C. & KAEVER M. (1975). — Bau und systematische Stellung von *Bdelloidina cribrosa* (REUSS, 1846). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, **8** : 449-464.
- GALE A.S. (1995). — Cyclostratigraphy and correlation of the Cenomanian stage in Western Europe. *Geological Society, Special Publication*, **85** : 177-195.
- GALE A.S. (1996). — Turonian correlation and sequence stratigraphy of the Chalk in southern England. In: HESSELBO S.P. & PARKINSON D.N. eds, *Sequence Stratigraphy in British Geology*. *Geological Society, Special Publication*, **103** : 177-195.
- GALE A.S. & WOODROOF P.B. (1981). — A Coniacian ammonite from the "Top Rock" in the Chalk of Kent. *Geological Magazine*, **118** : 557-560.
- GODET A., DECONINCK J.-F., AMÉDRO F., DRON P., PELLENARD P. & ZIMMERLIN I. (2003). — Enregistrement sédimentaire d'événements volcaniques dans le Turonien du Nord-Ouest du Bassin de Paris. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **10** (2<sup>e</sup> série), 3 : 147-158.
- GOËL R.K. (1965). — Contribution à l'étude des Foraminifères du Crétacé supérieur de la Basse-Seine. *Bulletin du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, **5** : 49-157.
- GONZÁLEZ DONOSO J.M., LINARES D. & ROBASZYNSKI F. (2007). — The rotaliporids, a polyphyletic group of Albian-Cenomanian planktonic foraminifera. Emendation of genera. *Journal of Foraminiferal Research*, **37** : 175-186.
- GOSSELET J. (1911). — *Les Assises crétaciques et tertiaires dans les fosses et sondages du Nord de la France. Fasc. 3 (région de Béthune)*. Imprimerie nationale, Paris : 183 p.
- HAGN H. & ZEIL W. (1954). — Globotruncanen aus dem Ober-Cenoman und Unter-Turon der Bayerischen Alpen. *Eclogae Geologicae Helveticae*, **47** : 1-60.
- HARRIS C.S., HART M.B., VARLEY P.M. & WARREN C.D. eds (1996). — *Engineering geology of the Channel Tunnel*. Thomas Telford Ltd, London: 526 p.
- HART M.B. (1980 a). — The recognition of Mid-Cretaceous sea-level changes by means of Foraminifera. *Cretaceous Research*, **1** : 289-297.
- HART M.B. (1980 b). — A water depth model for the evolution of the planktonic Foraminifera. *Nature*, **286** : 252-254.
- HART M.B. (1983). — Turonian foraminiferal biostratigraphy of southern England. *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris*, **49** : 203-207.
- HART M.B., BAILEY H.W., CRITTENDEN S., FLETCHER B.N., PRICE R.J. & SWIECICKI A. (1989). — Cretaceous. In: JENKINS D.G. & MURRAY J.W. eds: *Stratigraphical Atlas of Fossil Foraminifera*. Ellis Horwood, Chichester : 273-371.
- HART M.B. & HARRIS C.S. (2012). — Albian-Cenomanian Foraminifera and Ostracoda from the Glyndebourne Borehole, Sussex, U.K. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, **266** (3) : 319-335.
- HART M.B. & TARLING D.H. (1974). — Cenomanian palaeogeography in the north Atlantic and possible mid-Cenomanian eustatic movements and their implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **15** : 95-108.
- HOFKER J. (1956). — Die Globotruncanen von Nordwest-Deutschland und Holland. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, **103** : 312-340.
- JARVIS I., MURPHY A.M. & GALE A.S. (2001). — Geochemistry of pelagic and hemipelagic carbonates : criteria for identifying systems tracts and sea-level change. *Journal of the Geological Society, London*, **158** : 685-696.
- JEFFERIES R.P.S. (1963). — The stratigraphy of the *Actinocamax plenus* Subzone in the Anglo-Paris Basin. *Proceedings of the Geologists' Association*, **74** : 1-33.
- JENKYN 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. *Geological Magazine*, **131** : 1-34.
- JÍROVÁ D. (1956). — Rod *Globotruncana* ve vyssim Turonu a Emseru Ceske Kridy. *Universitas Carolina Geologica*, **2** : 239-255. [en Tchèque]
- JOUCHOUX A. (1991). — *La micropaléontologie appliquée au repérage du toit de la craie bleue dans la partie française du détroit du Pas de Calais*. Rapport d'étude. Construction France : 8 p. [inédit]
- JOUCHOUX A. (1994). — Les apports de la micropaléontologie pendant le creusement du Tunnel sous la Manche : corrélations dans la partie française du détroit. *Bulletin de la Société géologique de Normandie et Amis du Muséum du Havre*, **81** : 45-60.
- JUKES-BROWNE A.J. & HILL W. (1903). — The Cretaceous Rocks of Great Britain. Vol. 2. The Lower and Middle Chalk of England. *Memoirs of the Geological Survey of the United Kingdom*: 558 p.
- KAEVER M. (1974). — Sandschalige Foraminiferen und andere Epizoan auf einem erratischen Geröll im Turon (soester Grünsand) des südöstlichen Münsterlandes (Westfalen). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, **146** : 179-174.
- KAUFFMAN E.G., KENNEDY W.J. & WOOD C.J. (1996). — The Coniacian Stage and substages. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, supplément **66** : 95-102.
- KENNEDY W.J. (1967). — Burrows and surface traces from the Lower Chalk of southern England. *Bulletin of the British Museum of Natural History (Geology)*, **15** (3) : 125-167.
- KOCH W. (1977). — Biostratigraphie in der Oberkreide und Taxonomie von Foraminiferen. *Geologisches Jahrbuch, A*, **38** : 11-123.

- LEHMANN R. (1963). — Étude des Globotruncanidés du Crétacé supérieur de la province de Tarfaya (Maroc occidental). *Notes et Mémoires du Service géologique du Maroc*, **21** (156) [1962] : 133-181.
- LOEBLICH A.R. & TAPPAN H. (1988). — *Foraminiferal genera and their classification*. Van Nostrand Reinhold, New York: 970 p.
- MANTELL G.A. (1818). — A sketch of the Geological Structure of the south-eastern part of Sussex. *The Provincial Magazine*, Lewes : 68-71.
- MARIE P. (1960). — *Étude micropaléontologique et microstratigraphique du Turonien et du Cénomaniens rencontrés dans le sondage d'Escalles (Pas-de-Calais)*. Rapport A1614 du Bureau de Recherches Géologiques, Géophysiques et Minières : 45 p. [inédit]
- MILLER K.G., KOMINZ M.A., BROWNING J.V., WRIGHT J.D., MOUNTAIN G.S., KATZ M.E., SUGARMAN P.J., CRAMER B.S., CHRISTIE-BLICK N. & PEKAR S.F. (2005). — The Phanerozoic Record of Global Sea-Level Change. *Science*, **310** (5752): 1293-1298.
- MONCIARDINI C. (1978). — Biozones de foraminifères et faciès du Turonien dans le Nord du bassin de Paris. *Bulletin du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, **1** (3) : 207-223.
- MONCIARDINI C. (1994). — Biozones de foraminifères et stratigraphie du Crétacé. In : POMEROL B. & MONCIARDINI C., Notice explicative, Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille de Troyes (298). Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans : 56 p.
- MORROW A.L. (1934). — Foraminifera and Ostracoda from the Upper Cretaceous of Kansas. *Journal of Paleontology*, **8** : 186-205.
- 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. *Proceedings of the Geologists' Association*, **97** : 97-139.
- MORTIMORE R.N. (1997). — The Chalk of Sussex and Kent. *Geologists' Association Guide*, **57** : 139 p.
- MORTIMORE R.N. & POMEROL B. (1987). — Correlation of the Upper Cretaceous White Chalk (Turonian to Campanian) in the Anglo-Paris Basin. *Proceedings of the Geologists' Association*, **98** : 97-143.
- MORTIMORE R.N., WOOD C.J. & GALLOIS R.W. (2001). — British Upper Cretaceous Stratigraphy. *Geological Conservation Review Series*, Joint Nature Conservation Committee, Peterborough, **23** : 558 p.
- ORBIGNY A. d' (1840). — Mémoire sur les Foraminifères de la Craie blanche du bassin de Paris. *Mémoires de la Société géologique de France*, **4** : 1-51.
- PACEY N.R. (1984). — Bentonites in the chalks of central eastern England and their relation to the opening of the Northeast Atlantic. *Earth and Planetary Science Letters*, **67** : 48-60.
- PAUL C.R.C., MITCHELL S.F., MARSHALL J.D., LEARY P.N., GALE A.S., DUANE A.M. & DITCHFIELD P.W. (1994). — Palaeoceanographic events in the Middle Cenomanian of Northwest Europe. *Cretaceous Research*, **15** : 707-738.
- PHILIP J. coord. (1978). — Colloque sur le Cénomaniens, 6-7 septembre 1976, Paris. *Géologie Méditerranéenne*, **5** : 1-225.
- PHILLIPS W. (1819). — Remarks on the Chalk Cliffs in the neighbourhood of Dover and on the Blue Marl covering the Greensand near Folkestone. *Transactions of the Geological Society of London*, **1** (5) : 16-46.
- POMEROL B., DAMOTTER, FOURAY M. & MONCIARDINI C. (1983). — Précisions biostratigraphiques sur la limite Turonien-Sénonien dans la région stratotypique de Sens (Yonne). *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, **297** (2) : 421-424.
- PREMOLI SILVA I. & VERGA D. (2004). — Practical Manual of Cretaceous Planktonic Foraminifera. International School on Planktonic Foraminifera, 3rd course: Cretaceous. In: VERGA D. & RETTORI R. eds, Universities of Perugia and Milan, Tipografia Pontefelcino, Perugia, Italy : 1-283.
- REUSS A.E. (1845). — *Die Versteinerungen der böhmischen Kreideformation. Teil I*. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung und Druckerei, Stuttgart : 1-58.
- REUSS A.E. (1846). — *Die Versteinerungen der böhmischen Kreideformation. Teil II*. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung und Druckerei, Stuttgart : 1-148.
- REUSS A.E. (1871). — Vorläufige Nautiz über zwei neue Fossile Foraminiferen-Gattungen. *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie des Wissenschaften in Wien, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe*, **64** : 277-281.
- ROBASZYNSKI F. & AMÉDRO F. (1986). — The Cretaceous of the Boulonnais (France) and a comparison with the Cretaceous of Kent (United Kingdom). *Proceedings of the Geologists' Association*, **97** (2) : 171-208.
- ROBASZYNSKI F. & AMÉDRO 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. *Revue de Micropaléontologie*, **22** (4) : 195-321.
- ROBASZYNSKI F., CARON M. & Groupe de travail européen sur les foraminifères planctoniques (1979). — Atlas de Foraminifères planctoniques du Crétacé moyen (Mer boréale et Téthys). *Cahiers de Micropaléontologie*, **1** : 185 p. ; **2** : 181 p.
- ROBASZYNSKI F., JUIGNET P., GALE A.S., AMÉDRO F. & HARDENBOL J. (1998). — Sequence stratigraphy in the Upper Cretaceous of the Anglo-Paris Basin, exemplified by the Cenomanian stage. *SEPM (Society for Sedimentary Geology) Special Publication*, **60** : 363-386.
- ROBINSON N.D. (1986). — Lithostratigraphy of the Chalk Group of the North Downs, southern England. *Proceedings of the Geologists' Association*, **97** : 141-170.
- ROEMER F.A. (1841). — *Versteinerungen des Norddeutschen Kreidegebirges*. Hahn'schen Hofbuchhandlung, Hannover : 145 p.
- SANDIDGE J.R. (1932). — Foraminifera from the Ripley Formation of Western Alabama. *Journal of Paleontology*, **6** : 265-287.
- SMART J.G.O., BISSON G. & WORSSAM B.C. (1966). — Geology of the Country around Canterbury and Folkestone. *Memoirs of the Geological Survey of Great Britain*: 337 p.
- SOLAKIUS N. (1988). — The type material of the Upper Cretaceous benthic foraminifer *Pseudovalvulineria vombensis* Brotzen, 1945. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, **110** : 197-201.
- SOLAKIUS N. & LARSSON K. (1986). — Foraminifera and biostratigraphy of the Arnager Limestone, Bornholm, Denmark. *Geological Survey of Denmark*, ser. C, **5** : 1-41.
- TEN DAM A. & MAGNÉ J. (1948). — Les espèces du genre de Foraminifères *Globorotalites* Brotzen. *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, **3** (8) : 222-228.
- THALMANN H.E. (1951). — Mitteilungen über Foraminiferen IX. *Eclogae Geologicae Helveticae* [1950], **43** : 221-225.

- VANDERAVEROET P., AMÉDRO F., COLLETÉ C., DECONINCK J.-F., RECOURT P. & ROBASYNSKI 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.
- VASSILENKO V.P. (1954). — [Fossil Foraminifera of the USSR. Anomaliniidae]. *Trudy Vsesoiuznogo Nauchno-Issledovatel'skogo Geologicheskogo Instituta*, Leningrad & Moscow, n.s. **80** : 1-283. [in Russian].
- VASSILENKO V.P. (1961). — [Upper Cretaceous foraminifers of the Mangyshlak Peninsula. Description, phylogenetic diagrams of some groups and stratigraphical analysis]. *Trudy Vsesoiuznogo Nauchno-Issledovatel'skogo Geologicheskogo Instituta*, Leningrad & Moscow, **171** : 1-487. [in Russian]
- WIESE F. & KAPLAN U. (2001). — The potential of the Lengerich section (Münster Basin, northern Germany) as a possible candidate Global boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for the Middle/Upper Turonian boundary. *Cretaceous Research*, **22** : 549-563.
- WILKINSON I.P. (2011). — Foraminiferal biozones and their relationship to the lithostratigraphy of the Chalk Group of southern England. *Proceedings of the Geologists' Association*, **122** : 842-849.
- WILMSEN M. (2012). — Origin and significance of Late Cretaceous bioevents : Examples from the Cenomanian. *Acta Geologica Polonica*, **57** (4) : 759-771.
- WOOD C.J., SHEPHARD-THORN E.R. & HARRIS C.S. (1996). — Stratigraphy and regional geology. In: HARRIS C.S., HART M.B., VARLEY P.M. & WARREN C.D. eds, *Engineering Geology of the Channel Tunnel*. Thomas Telford Ltd, London : 29-56.
- WRAY D.S. (1999). — Identification and long-range correlation of bentonites in Turonian-Coniacian (Upper Cretaceous) chalks of northwest Europe. *Geological Magazine*, **136** (4) : 361-371.



# Radiocarbon Dating Results Available Online Anywhere Anytime

**BETA**

Beta Analytic  
Radiocarbon Dating  
[www.radiocarbon.com](http://www.radiocarbon.com)

**Results in as little as 2-3 days**

**Australia Brazil China India Japan Korea UK USA**

## DEVONIAN SANDSTONES FROM THE LIEVIN SHAFT N° 8, AVION (PAS-DE-CALAIS, FRANCE) : HISTORICAL CONTEXT AND ADDITIONAL VERTEBRATE REMAINS

### Grès dévoniens du puits n° 8 de Liévin à Avion (Pas-de-Calais, France) : contexte historique et nouveaux restes de vertébrés

by Alain BLIECK (\*) & André STYZA (\*\*)

**Abstract.** – The Liévin shaft n° 8 of the Nord – Pas-de-Calais coal basin worked as a ventilation shaft from 1948 to 1982. Collections of Early Devonian vertebrates, made both *in situ* during boring of the shaft, and later on its slag heap, included mostly pteraspimid heterostracans, plus a few remains of cyathaspidiforms, osteostracans, as well as thelodont and acanthodian scales. In 1982, vertebrates were collected on its slag heap. They came from the subsurface Lochkovian, lower Pernes Formation. They include Heterostraci (Traquairaspididae indet., *Rhinopteraspis crouchi*, Pteraspidae indet.), Osteostraci (*Cephalaspis sp.*) and ‘actinolepid’ Arthrodira (*Kujdanowiaspis? sp.*). These are dated of the *R. crouchi* Biozone, and correlated to the ‘middle’ Lochkovian. As in the Liévin shaft n° 6, it corresponds to the highest diversity for the latest Silurian-Early Devonian sequence of vertebrates in Artois (northern France). This peak is known worldwide.

**Résumé.** – Le puits n° 8 de Liévin dans le bassin houiller du Nord – Pas-de-Calais a fonctionné comme puits d’aération de 1948 à 1982. Des récoltes de vertébrés du Dévonien inférieur, faites tant pendant le fonçage du puits qu’ultérieurement sur son terril, ont fourni principalement des hétérostracés ptéraspidés, et quelques restes de cyathaspidiformes, d’ostéostracés ainsi que des écailles de thélodontes et d’acanthodiens. En 1982, des vertébrés ont été récoltés sur son terril. Ils provenaient de la partie inférieure de la Formation de Pernes, d’âge lochkovien. Ils comprennent des Heterostraci (Traquairaspididae indet., *Rhinopteraspis crouchi*, Pteraspidae indet.), des Osteostraci (*Cephalaspis sp.*) et des Arthrodira ‘actinolépidés’ (*Kujdanowiaspis? sp.*). Ils sont datés de la Biozone à *R. crouchi* et corrélés au Lochkovien ‘moyen’. De même que dans le puits n° 6 de Liévin, cette biozone correspond à la biodiversité la plus grande pour toute la série de vertébrés du Silurien terminal-Dévonien inférieur de l’Artois (nord de la France). Ce pic est connu à l’échelle mondiale.

**Key words.** – Pernes Formation, Lochkovian, Heterostraci, Osteostraci, Placodermi Arthrodira, peak of biodiversity, history of geology.

**Mots clés.** – Formation de Pernes, Lochkovien, Heterostraci, Osteostraci, Placodermi Arthrodira, pic de biodiversité, histoire de la géologie.

### I. — INTRODUCTION

The vertebrates that have been found during the boring of coal mine shafts of the Nord – Pas-de-Calais basin have been published in several papers, a review of which is given by Blicek & Janvier (1989, for the Silurian-Devonian), Blicek *et al.* (1995a for the Silurian to Carboniferous; 1995b for the Silurian-Devonian), and in the catalogue of collections of the Natural History Museum of Lille (Blicek *et al.*, 1999). Two more recent papers have either mentioned or described other Devonian and Carboniferous vertebrates of the region: Mistiaen *et al.* (2002: Frasnian of the Boulonnais Palaeozoic inlier), and Derycke-Khatir (2005: microremains of the Devonian to Carboniferous carbonate formations from the Channel to the Meuse river); but, none of the latter is concerned with Devonian material from the

ancient shafts of the Nord – Pas-de-Calais coal basin. The last active shaft was closed in 1990, so that new findings can only come from surface collection made on the series of slag heaps left by the coal mining activity. Here we report on a small collection of Early Devonian vertebrate remains made by one of us (A.S.) on the slag heap of Liévin shaft n° 8 (Avion, Pas-de-Calais). The material is described after a short historical account of the shaft activity, and historical review of the vertebrate remains. This kind of material being rare, it is worth being described and illustrated. It gives additional information on the biodiversity of Early Devonian vertebrates in northern France, and particularly of the ‘middle’ Lochkovian diversity peak observed worldwide for vertebrates.

(\*) Université de Lille – Sciences et Technologies, UFR Sciences de la Terre (SN5), UMR 8217 Géosystèmes du CNRS, F-59655 Villeneuve d’Ascq cedex; alain.blicek@univ-lille1.fr

(\*\*) 29 bis rue de la Lys, 59280 Armentières; astyza@free.fr



Fig. 1. — Sealed memorial plate of the Liévin shaft n° 8 in Avion (Pas-de-Calais), after APPHIM (2014). Abbreviation: CDF- Charbonnages de France.

Fig. 1. — Plaque de renseignements (ou dalle de puits) du puits de la fosse n° 8 de Liévin à Avion (Pas-de-Calais) d'après APPHIM (2014). Abréviation : CDF- Charbonnages de France.

## II. — HISTORICAL ACCOUNT OF THE LIEVIN SHAFT N° 8

Boring of the shaft n° 8 of the Liévin Concession (« Groupe de Liévin ») began in 1948. Alexis Bouroz was then head of the geological survey of the Nord – Pas-de-Calais coal basin (Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais or HBNPC). Pierre Dollé was the geologist following the boring in order to establish the geological section of the shaft (Dollé, 1950, p. 185). The Liévin shaft n° 8 was an air shaft for ventilation of the eastern part of the area covered by the Liévin mines 4 and 7 where important firedamp release was known (Petit,

1951). In 1952, the Liévin Concession merged with the Lens Concession to constitute the Lens-Liévin Concession (« Groupe de Lens-Liévin »). It was during that year that the n° 8 shaft began to be worked after having been connected to the mines 4-4bis and 7-7bis by mean of galleries (« bowettes » in the local underground coalminers' vocabulary). The diameter of the shaft was 6,50 m, its depth 910 m, and it worked as a ventilation shaft. The wooden pit-head frame (tower) was replaced by the metallic tower from the shaft n° 19 of the mine 11-19 of the Lens Concession at Loos-en-Gohelle. In 1982, shaft n° 8 became useless and consequently it was filled in. Its tower was destroyed the same year. A memorial plate has been placed at the original location of the shaft – but with the year 1981 (Fig. 1). P. Dollé established the stratigraphical log of the shaft, that has been described in the HBNPC report n° 63632 on May 8th, 1949 (B.R.G.M., 1949).

## III. — HISTORY OF THE DEVONIAN VERTEBRATE COLLECTIONS OF THE LIEVIN SHAFT N° 8

Dollé (1949) was the first to have reported and described Devonian vertebrate remains from the Liévin shaft n° 8. He gave an oral communication to the Société géologique du Nord (SGN) on January 21, 1950, and published his discovery in the *Annales* (Dollé, 1950). During boring of the shaft, the Devonian was encountered at a depth of 145 m when red and green shaly sandstones were found. At – 165 m, a series of white quartzitic beds lying above a 1 m-thick sandstone bed overlying alternating green and red sandstones and schists was found. Dark green remains identified as « *Pteraspis* » by Prof. J. Piveteau of the Paris (Sorbonne) University were collected in the latter sandstones (Dollé, 1950, p. 187). The deposit (litho- and bio-facies) is similar to the Pernes quarry locality in the Artois hills as reported by Dollé (1903) and Leriche (1903). Dollé (1950, p. 202) identified three co-occurring species, viz. « *Pteraspis Crouchi* Lankester », « *Pteraspis rostrata* Agassiz » and « *Pteraspis cf. dunensis* Roemer » [sic]. The following year, on January 28, 1951, a field trip of the SGN was organized on the slag heap of Liévin shaft n° 8. Petit (1951) mentioned the occurrence of the pteraspids at two different levels, i.e. - 163 m and - 334 m, in the Devonian series that lies tectonically above the Carboniferous series due to the Midi Fault (Grande Faille du Midi), the main regional overthrust encountered here at – 562 m (Petit, 1951, p. 48) (Fig. 2).

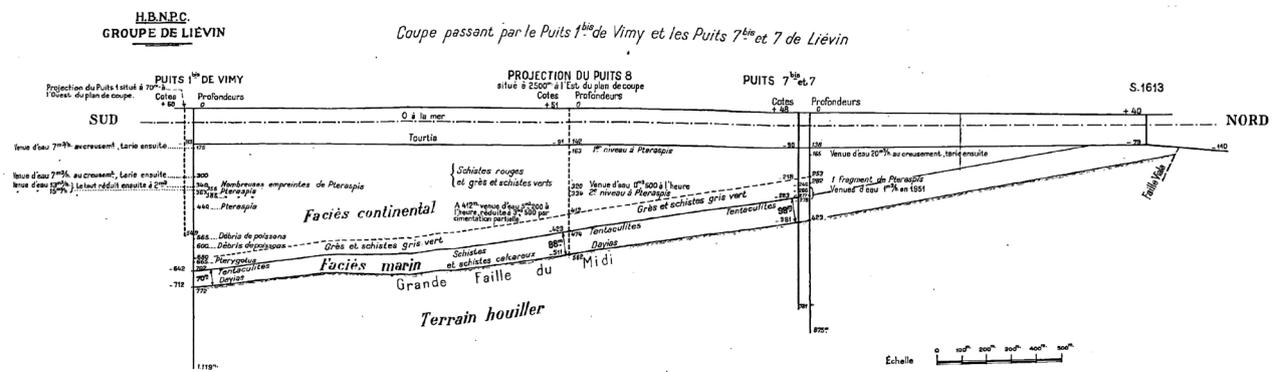


Fig. 2. — Lateral projection of location of the Liévin shaft n° 8 on a geological section from Vimy 1bis shaft to Liévin 7 and 7bis shafts (Petit, 1951, pl. I). Note both pteraspid-bearing layers '1er niveau à Pteraspis' at – 163 m, et '2e niveau à Pteraspis' at – 334 m.

Fig. 2. — Projection du puits n° 8 de Liévin sur une coupe passant par le puits n° 1bis de Vimy et les puits n° 7bis et 7 de Liévin (Petit, 1951, pl. I). Notez les deux niveaux à pteraspides « 1er niveau à Pteraspis » à – 163 m, et « 2e niveau à Pteraspis » à – 334 m.

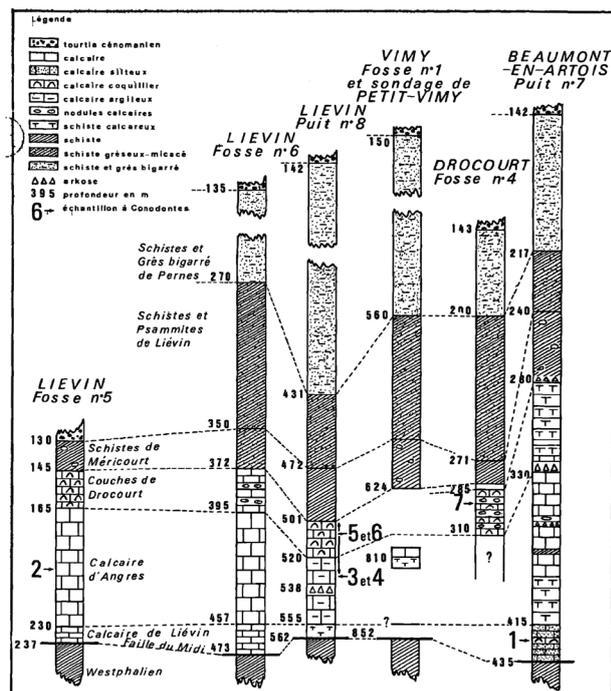


Fig. 3. — Lithostratigraphical correlation between the Silurian-Devonian series of coal mine shafts in the Artois (Bultynck, 1977, fig. 1). The small bold numbers indicate depth in meters. The bigger numbers 1 to 7 correspond to conodont-bearing samples.

Fig. 3. — Corrélation lithostratigraphique entre les séries siluro-dévonniennes de puits de mine de l'Artois (Bultynck, 1977, fig. 1). Les petits nombres en gras indiquent la profondeur en mètres. Les grands nombres de 1 à 7 correspondent aux échantillons à conodontes.

White (1956, p. 2) cited Dollé's (1950) discovery, and considered that all his figured specimens belong to *P. crouchi* (with neither *P. dunensis* nor *P. rostrata*). A year later, in an unpublished memoir, Dollé (1957) attributed his material to a series of species, i.e. « *P. dubari* nov. sp. » [nomen nudum], *P. crouchi*, *P. rostrata*, and « *P. lafonti* » [sic; about this « species », see comments in Blicek & Janvier, 1989, p. 139; and Blicek *et al.*, 1999, p. 91]. Dollé & Legrand (1966) gave a precise location of the three pteraspid-bearing layers of Liévin shaft n° 8, that is at – 163 m (*P. crouchi* and *P. dunensis*), – 165 m (*P. rostrata*) and – 334 m (*P. dubardi* [sic]). In the same paper, they concluded to the marine environment for the beds where the pteraspids occur, due to the co-occurrence of marine algae (Dollé & Legrand, 1966, p. 145: « Ce fait, d'importance capitale, ne permet plus de considérer les ostracodermes comme poissons d'eau douce »; and p. 147: « Il faut donc conclure que les poissons associés à ces algues ont la même origine marine »). Bultynck (1977), while studying the stratigraphical range of conodonts in the subsurface Liévin Series – in relation to the Silurian-Devonian boundary problem, gave a precise correlation between coal mine shafts, including Liévin shaft n° 8 (Bultynck, 1977, fig. 1) where the pteraspid-bearing « Schistes et Grès bigarrés de Pernes » are 289 m thick (between – 142 m and – 431 m), and dated as Lochkovian (« Gedinnien ») (Fig. 3).

On March 29, 1978, a visit to the slag heap of Liévin shaft n° 8 was organised by A. Blicek (then at the Muséum National d'Histoire Naturelle - MNHN, Paris), P. Dollé (one of the last mining engineers of the HBNPC), Wang Nian-Zhong (from the

Academia Sinica, Beijing, then on visit at the MNHN) and D. Goujet (MNHN). Several fossils were collected on the heap, including pteraspid remains (specimens MNHN n° LIE 101 and 101a) attributed to *Belgicaspis crouchi* (Lankester, 1868) – formerly *Pteraspis crouchi* – by Goujet & Blicek (1979, p. 265), thus in agreement with White's (1956) opinion that only *B. crouchi* occurs in Liévin shaft n° 8. At the end of the same year, on November 10, 1978, one of us (A.B.) made a visit to Mr. Jacques Chalard, the last coal mine engineer to have been employed – see his biography by Laveine & Cuvelier (2011) – in the HBNPC geological service in Douai (Nord). Additional material from the Liévin shaft n° 8 was thus given to the MNHN collections, viz. specimens n° LIE 110 to 124. Some of these specimens are attributed to *Rhinopteraspis crouchi* (LIE 117, rostral plate; formerly *Belgicaspis crouchi* – see Blicek, 1980) and *Pteraspis rostrata* (LIE 118/119, dorsal disc; this being one of the rare specimens from the Devonian of Artois to be attributed with certainty to *P. rostrata*: Blicek, 1980, p. 39; figured in Blicek, 1982, pl. 1: 3), thus contradicting White's (1956) opinion. The faunal list of the « Schistes et Grès de Pernes » in the Liévin shaft n° 8 was reviewed by Blicek (1982, p. 11-12) as follows:

- Heterostraci: *Rhinopteraspis crouchi*, *Pteraspis rostrata* (specimen LIE 118/119 – see above), Cyathaspidiformes gen. et sp. indet.;

- Osteostraci: *Securiaspis* sp., the only osteostracan remain to have been found here, originally determined as *Pteraspis rostrata* by Dollé (1950, fig. 7 and pl. VII: 7) and attributed to *Securiaspis* by P. Janvier (in Goujet & Blicek, 1979, p. 270 and fig. 6 A1);

- Thelodonti indet. and Acanthodii indet. isolated scales (unfigured; the thelodont and acanthodian scales figured by Goujet & Blicek, 1979, come from the Liévin shaft n° 6).

This is summarized by Blicek & Goujet (1986, fig. 37 on p. 207) who listed this faunal assemblage in the lower part of the Pernes Formation of the Liévin Group as redefined by Rachebœuf (1986 – that is the former « Schistes et Grès de Pernes » or « Schistes et grès bigarrés de Pernes » [Blicek & Goujet, 1986, also listed an acanthodian scale assemblage in the Noulette Formation, at the base of the Liévin Group]). The lower Pernes Formation fish assemblage of the Liévin shaft n° 8 corresponds to the *Crouchi* Zone of Great Britain (Blicek & Goujet, 1986, fig. 40). It has been renamed the *Rhinopteraspis crouchi* Biozone (« Biozone à *Rhinopteraspis crouchi* ») by Blicek & Janvier (1989, p. 30 and fig. 12) and correlated to the *micronatus-newportensis* (MN) spore Zone (upper part of the lower Lochkovian to lower part of the upper Lochkovian; Blicek & Janvier, 1989, fig. 11; Blicek *et al.*, 1995 a-b).

#### IV. — ADDITIONAL VERTEBRATE REMAINS FROM THE LIEVIN SHAFT N° 8

##### 1) Origin, preservation and age of the material

One of us (A.S.), while a young boy living in the city of Avion (Pas-de-Calais), began in 1974 to explore a small, rather flat, approximately 5 m high slag heap, located at the boundary between the cities of Avion and Méricourt. This was the Liévin shaft n° 8, that had been bored for ventilation of part of the Liévin Concession mines. Contrary to many slag heaps of the Nord – Pas-de-Calais coal basin, this heap did not deliver fossil fern remains, but many invertebrates including trilobites. In 1982, when the shaft became useless, it was filled in by mean

of its heap. During this activity the central part of the slag heap appeared, and showed the green, red and variegated sandstones and schists, typical of the Pernes Formation. These rocks yielded the vertebrate remains reported here. A preliminary determination was made by the senior author (A.B.) in 1983. A sample with many fragmented specimens was deposited in the Natural History Museum of Lille where they are catalogued under n° 801910 (1 to 26) and determined as Heterostraci indet. (Blieck *et al.*, 1999, p. 97). Here we describe still unreported remains of heterostracans, osteostracans and placoderms. The lithofacies is mostly made of light grey medium-grained sandstones and reddish and greenish fine-grained sandstones, similar to the matrix of previously described material from the lower Pernes Formation (« Schistes et Grès de Pernes »). The light grey sandstones include many small micaceous flakes and rare pyrite cubes. The preservation of the material is also similar to the material already deposited in both the MNHN (e.g. Goujet & Blieck, 1979) and the Natural History Museum of Lille (Blieck *et al.*, 1999), i.e. all specimens are made of dark grey to black bone, where the outer ornamentation (or microsculpture) is rather well preserved (dentine ridges or tubercles). All specimens have been mechanically prepared, by use of sharp needles and a compressed air tool. They are deposited in the geological collection of the Natural History Museum of Lille under abbreviation MGL (standing for the former « Musée Gosselet de Lille »). The age of this material is given here above in section III, i.e. *Rhinopteraspis crouchi* Biozone, upper part of the lower Lochkovian to lower part of the upper Lochkovian (Blieck & Janvier, 1989, fig. 11; Blieck *et al.*, 1995 a-b).

## 2) Systematics

*Preliminary note on nomenclature and classification.* The authorship of higher chordate taxa follows Nielsen's (2012) nomenclature in order to correct Blieck *et al.*'s (1999) one. The classification of Traquairaspidiformes (Heterostraci) follows Mark-Kurik *et al.* (2013), that of Pteraspidoformes (Heterostraci) follows Pernègre & Elliott (2008), that of Osteostraci follows Sansom (2009; see also Scott & Wilson, 2012), and that of 'Actinolepida' (Placodermi) follows Dupret *et al.* (2007; see also Denison, 1978 for higher taxa). Authors of taxa names are indicated in capital letters followed by year of authorship. The corresponding bibliographical references are not listed here in the bibliography section, they are found in the papers of Nielsen (2012), Mark-Kurik *et al.* (2013), Pernègre & Elliott (2008), Sansom (2009), Dupret *et al.* (2007) and Denison (1978) respectively. All other cited papers are in the bibliography section.

Phylum CHORDATA HAECKEL 1874  
 Subphylum VERTEBRATA LAMARCK 1801  
 †Class PTERASPIDOMORPHI GOODRICH 1909  
 Subclass HETEROSTRACI LANKESTER 1868  
 Order TRAQUAIRASPIDIFORMES TARLO 1962  
 Family TRAQUAIRASPIDIDAE KIAER 1932  
 Traquairaspididae gen. et sp. indet.  
 (Pl. I, fig. A-B)

*Material.* Specimens MGL n° 9571-2 and 9571-3 (fragments of dermal plate with denticulated, oak-leaf-like tubercles, Pl. I: A-B).

*Description and comparison.* Both specimens MGL n° 9571-2 and 9571-3 are on two separate blocks of grey sandstone that appear to have been connected. So, both specimens are probably

parts of the same fragmentary plate. The whole specimen is 24 mm long x 13 mm wide. It bears 35 black, shiny tubercles with denticulated edges. Most of them are oak-leaf-like-shaped (Pl. I: A-B). They are 1 to 2,5 mm long, and regularly spaced. They do not correspond to separate tesserae, but rather to the superficial ornamentation (microsculpture) of a single dermal plate. This morphology is typical for what is classically attributed to traquairaspid heterostracans. It can be compared to the fragmentary traquairaspid material recently described from the Lochkovian of Chukotka, in Arctic far-eastern Russia (Mark-Kurik *et al.*, 2013, figs 4 and 5); however, contrary to this Russian Arctic material, MGL n° 9571-2 and 9571-3 show no smaller intermediate tubercles between the bigger ones, a morphology that is classically met with in Devonian material from the Arctic regions (see particularly Dineley & Loeffler, 1976). The ornamentation of MGL n° 9571-2 and 9571-3 is similar to the material from the Lower Devonian of the Anglo-Welsh region, such as *Phialaspis symondsii* (see Tarrant, 1991, pl. 1: 6 and pl. 5: 2-3).

Order PTERASPIDIFORMES BERG 1937

Clade PTERASPIDOIDEI [*sensu* Pernègre & Elliott, 2008 ;  
 PTERASPIDINA *sensu* Janvier, 1996]

Family PTERASPIDIDAE CLAYPOLE 1885 [*sensu* Pernègre  
 & Elliott, 2008]

Genus *Rhinopteraspis* JAEKEL 1919

*Rhinopteraspis crouchi* (LANKESTER 1868)

(Pl. I, fig. C-E)

*Material.* Specimens MGL n° 9570-1 (dorsal face of a rostral plate, Pl. I: C), 9570-2 (fragment of a probable rostral plate), 9571-1 (ventral face of a rostral plate in part, Pl. I: D), 9572 (tip of the dorsal face of a small rostral plate, Pl. I: E), and 9577 (fragment of the rear part of a rostral plate).

*Description and comparison.* These rostral plates are typical for *Rhinopteraspis crouchi*. The most complete one, viz. specimen MGL n° 9570-1 (Pl. I: C), corresponds to the dorsal face of a rostrum that is more than 33 mm long, and 16 mm wide at its rear part. This size falls within the variability of the species (Goujet & Blieck, 1979, p. 265; Blieck, 1980, table I). It bears 5-6 dentine ridges per mm (*ibid.*). These ridges are organized into chevron-like groups that cut across each other as has been described for other *R. crouchi* rostra from England and northern France (White, 1973, figs. 24-25 and 33: « *Pteraspis (Belgicaspis) crouchi* LANK. »; Goujet & Blieck, 1979, fig. 3B and pl. XXIII: 2a, 2b, 6 and 7: « *Belgicaspis crouchi* (Lankester) »; reconstructed by Blieck, 1980, fig. 5: *Rhinopteraspis crouchi* (Lankester)). The specimen MGL n° 9570-2 is an 11 mm long x 9 mm wide fragment of the posterior margin of the dorsal face of a rostrum. The specimen MGL n° 9571-1 represents part of the worn ventral face of a rostrum whose tip and most posterior part are lacking (Pl. I: D). It is 23 mm long and 10 mm wide at its rear part. It is very similar to some slender rostral plates figured by White (1973, fig. 25). The specimen MGL n° 9572 is the most anterior part of the dorsal face of a rostrum (Pl. I: E) that is very similar to one of the specimens figured by White (1973, e.g. fig. 23). MGL n° 9577 is the left portion of the rear part of a rostral plate which shows five chevron-like groups of dentine ridges, with 6 ridges per mm.

Pteraspidae gen. et sp. indet.  
(Pl. I, fig. F-G)

*Material.* Specimens MGL n° 9573 (ridge scale, Pl. I: F), 9574 (probable posterior end of a cornual plate), 9575 (probable anterior end of a branchial plate), 9576 (fragment of a dorsal shield with right posterior part of the dorsal disc and base of the dorsal spine), and 9578 (a big cornual plate, Pl. I: G).

*Description and comparison.* Specimens MGL n° 9573, 9575 and 9576 may belong to *Rhinopteraspis crouchi*, but they are too incomplete to be attributed with certainty to this species. MGL n° 9573 is a partly worn ridge scale; it is 11 mm long and 5 mm wide (Pl. I: F). This scale is more vaulted externally and longer than the ridge scale of « *Belgicaspis crouchi* » published by Goujet & Blicek (1979, pl. XXIII: 4) which is only 5,7 mm long. The specimen MGL n° 9574 represents the posterior, sharp tip of a probable cornual plate; it is too developed to be the cornual plate of *R. crouchi* which is small and narrow, with no developed tip (White, 1973, figs. 39-41). The specimen MGL n° 9575, a probable anterior end of a branchial plate, looks like the branchial plates of *R. crouchi* figured by White (1973, figs 37-40). The specimen MGL n° 9576 is a fragment of a dorsal shield with the right posterior part of the dorsal disc and base of the dorsal spine. It shows 5 to 6 dentine ridges per mm, as in *R. crouchi*, but such an isolated fragment can not be attributed with certainty. The specimen MGL n° 9578 is a big cornual plate, 32 mm long and 15 mm wide at its base (Pl. I: G). Its surface is worn, nearly all of the external dentine layer of the plate having been removed, except for a small portion near to its posterior tip where a group of five dentine ridges is visible. This cornual plate originally bore 6 to 7 dentine ridges per mm. MGL n° 9578 is suggestive of two other big cornual plates from the Pernes Formation, viz. « Pteraspidae gen. et sp. indet. forme A » and « Pteraspidae gen. et sp. indet. forme B » of Goujet & Blicek (1979, figs 3D and 3E, from the Liévin shaft n° 6) (these plates look like both *Parapteraspis jackana* and *Larnovaspis stenioei sensu* Blicek, 1984, from the Lochkovian of Podolia, Ukraine [see Blicek *et al.*, 1995b, p. 453]). MGL n° 9578 is of nearly the same size as « Pteraspidae gen. et sp. indet. forme A » which is slightly curved (contrary to MGL n° 9578) and bears 14 ridges per mm (vs. 6-7 for MGL n° 9578). MGL n° 9578 is smaller than « Pteraspidae gen. et sp. indet. forme B » which is about 50 mm long (Goujet & Blicek, 1979, p. 267-268).

†Class OSTEOSTRACI LANKESTER 1868  
Subclass CORNUATA JANVIER 1981

[Order and family undesignated]

Genus *Cephalaspis* AGASSIZ 1835 (*vide* Afanassieva, 2004)

*Cephalaspis* sp.  
(Pl. I, fig. H)

*Material.* Specimen MGL n° 9579 (fragment of the external margin of a cephalic shield, Pl. I: H).

*Description and comparison.* This specimen is 15 mm long x 6 mm wide. It is covered with minute, rounded and closely packed tubercles. Some of them are slightly star-shaped, elongated and irregularly arranged into rows (left part of Pl. I: H). This morphology may be compared to another fragment of osteostracan collected from the lower Pernes Formation in the Liévin shaft n° 6 (Goujet & Blicek, 1979, fig. 6B). However, MGL n° 9579 shows a single natural margin (top on Pl. I: H) which probably corresponds to the outer margin of a cephalic shield, contrary to *Cephalaspis* sp. indet. of Goujet & Blicek (1979, fig. 6B) which is from a broken cornual process and bears more elongated tubercles on its outer part.

Superclass GNATHOSTOMATA GEGENBAUR 1874  
†Class PLACODERMI McCOY 1848

Order ARTHRODIRA WOODWARD 1891

Suborder 'ACTINOLEPIDOIDEI' MILES 1973

Infraorder 'ACTINOLEPIDA' MILES 1973

Superfamily KUJDANOWIASPIDOIDEA BERG 1955  
(*sensu* Dupret *et al.*, 2007)

Family KUJDANOWIASPIDIDAE BERG 1955

Genus *Kujdanowiaspis* STENSIÖ 1942

*Kujdanowiaspis?* sp.  
(Pl. I, fig. I-L)

*Material.* Specimens MGL n° 9571-4 (separate tuberculated fragmentary plate), 9580-1 (fragment of a rather big plate with spaced tubercles, Pl. I: I), 9580-2 (fragment of a smaller plate with smaller and tightly organized tubercles, Pl. I: J), 9580-3 (fragmentary spinal plate, Pl. I: K), and 9581 (fragmentary possible spinal plate, Pl. I: L).

*Description and comparison.* This kind of fragmentary, tuberculated arthrodire material is difficult to determine at lower than generic rank. The specimen MGL n° 9571-4 is a fragment of a small plate with rounded worn tubercles. It was broken during preparation and is not described further. The 'best preserved' specimen is MGL n° 9580-1 which corresponds to a fragment of dermal plate with closely and regularly organized tubercles (Pl. I: I). The specimen shows a single natural edge (on top of Pl. I: I), both other edges being broken. Its tubercles are regularly spaced, rounded, and large (1 to 1,5 mm wide). They are suggestive of the ornamentation of *Kujdanowiaspis* or *Erikaspis* (see Dupret *et al.*, 2007; Dupret, 2010; a quick "determination key" based on overall size of the animal and type of tuberculation being given in Dupret & Blicek, 2009). The ornamentation of MGL n° 9580-1 looks like that of *Erikaspis zychi*, in particular of its larger plates such as the anterolateral plate with its large rounded tubercles (Dupret *et al.*, 2007, fig. 10E). However, on *E. zychi*, the ornamentation is variable, being composed of tubercles « less dense (i.e., more widely spaced) on large plates (e.g., median dorsal, nuchal, paranuchal) than on small ones (e.g., preorbital) » (Dupret *et al.*, 2007, p. 268). MGL n° 9580-1 is also suggestive of the ornamentation of *Kujdanowiaspis podolica* as, e.g., its anterolateral plate (Dupret, 2010, fig. 20B). However, the ornamentation of the *Kujdanowiaspis* species is variable, having « finer and more dense tubercles in *K. buczacziensis*; those of *K. podolica* [being] a bit larger and more widely spaced » (Dupret, 2010, p. 12) — apart from the size, *K. buczacziensis* being nearly twice the size of *K. podolica*. So, it is nearly impossible to distinguish both genera, *Kujdanowiaspis* and *Erikaspis*, on a fragmentary element such as MGL n° 9580-1. Additionally, the ornamentation of MGL n° 9580-1 is definitely not that of *K. buczacziensis*, with is very fine, with almost no space in between tubercles. It recalls the *Erikaspis* type of ornamentation (space between and size of tubercles). A clue might be also in the fact that *K. buczacziensis* is only known in the Pragian of Podolia, but absent in the Lochkovian of Spain (Dupret *et al.*, 2011). Nevertheless, a few anterolateral plates from the lower Pernes Formation of the Liévin shaft n° 6 were described as *Kujdanowiaspis* sp. by Goujet & Blicek (1979, fig. 7 A-B); and the specimen MGL n° 9580-1, whose preserved natural edge is ca. 17 mm long (Pl. I: I), might well correspond to the upper (dorsal) edge of such a left anterolateral plate. So, we provisionally determine MGL n° 9580-1 as *Kujdanowiaspis?* sp.

The specimen MGL n° 9580-2 is a fragment of a smaller plate with small and tightly organized tubercles (Pl. I: J). It recalls the ornamentation of some dermal elements of *Kujdanowiaspis podolica* (see Dupret & Blicek, 2009; Dupret, 2010). Indeed, some of the dermal elements of *Kujdanowiaspis podolica*, such as the plastron (anterior ventral part of the thoracic armour), show a rather fine tuberculation as well. So, MGL n° 9580-2 may be of the same species as MGL n° 9580-1, and we also identify it as *Kujdanowiaspis?* sp.

The same block that bears MGL n° 9580-1 and 9580-2, also shows a fragmentary spinal plate MGL n° 9580-3, with prominent rounded tubercles on what is probably its external (lateral) margin (top of Pl. I: K) — as can be seen on other actinolepid arthrodires (e.g. on *Heightingtonaspis*: Denison, 1978, fig. 33A). It does not show the spinelets which are typically present on the mesial (inner) side of the spinal plates of *Kujdanowiaspis* (e.g. Dupret, 2010, fig. 2F). However, these spinelets are mostly absent from the fossil material, and our specimen is incomplete. So, MGL n° 9580-3 may be the spinal plate of the same species as MGL n° 9580-1 and 9580-2, and eventually from the same individual. The specimen MGL n° 9581 is a possible fragmentary spinal plate from the same taxon, with a group of prominent tubercles on its external margin (top right of Pl. I: L).

## V. — CONCLUSION

The history of the Liévin shaft n° 8 in the Nord – Pas-de-Calais coal basin began with its boring in 1948, and its opening as a ventilation shaft in 1952. It has been stopped and filled in with its slag heap in 1982. It was during this process that Early Devonian (Lochkovian) sandstones of the lower Pernes Formation appeared (formerly known as « Schistes et Grès de Pernes »). They yielded a small collection of vertebrate remains that we identify as Traquairaspididae gen. et sp. indet., *Rhinopteraspis crouchi*, Pteraspididae gen. et sp. indet., *Cephalaspis* sp. and *Kujdanowiaspis?* sp. This material increases the list of taxa found in the lower Pernes Formation of the Liévin shaft n° 8: MGL n° 9571-2 and 9571-3 are attributed to an undetermined traquairaspid which had not been found in this shaft yet (Blicek & Goujet, 1986); MGL n° 9578 represents a pteraspidid species with big cornual plates, different from the ones described in previous papers (e.g. in Goujet & Blicek, 1979; Blicek & Janvier, 1989); MGL n° 9579 is probably from a basal cornuate osteostracan attributed to *Cephalaspis* sp., that is a second osteostracan for the Liévin shaft n° 8 (see Goujet & Blicek, 1979); specimens of *Kujdanowiaspis?* sp. are represented

by possible anterolateral and spinal plates, this genus is new for the Liévin shaft n° 8. So that the list of vertebrate taxa of the lower Pernes Formation of the Liévin shaft n° 8 is as follows (after Blicek & Goujet, 1986, and the present work):

- Thelodonti: Thelodonti indet.
- Heterostraci: Traquairaspididae gen. et sp. indet., *Pteraspis rostrata*, *Rhinopteraspis crouchi*, Pteraspididae gen. et sp. indet., Cyathaspidiformes indet.
- Osteostraci: *Securiaspis* sp., *Cephalaspis* sp.
- Placodermi: *Kujdanowiaspis?* sp.
- Acanthodii: Acanthodii indet.

This faunal list is characteristic of the *Rhinopteraspis crouchi* Biozone (*sensu* Blicek & Janvier, 1989), and probably of its lower part (see Ball & Dineley, 1961, p. 202-203; Dineley & Metcalf, 1999, p. 109-144). This *R. crouchi* Biozone is correlated to the ‘middle’ Lochkovian (Blicek, 1984, fig. 74; Blicek & Janvier, 1989, fig. 11). It corresponds to the richest diversity of vertebrates in the Lower Devonian of the Artois region, at the base of the *R. crouchi* Biozone (Blicek *et al.*, 1995b, p. 452-453), particularly in the Liévin shaft n° 6 where 11 different taxa have been reported (Blicek & Goujet, 1986, fig. 37). The Liévin shaft n° 8, with 10 different taxa in the same *R. crouchi* Biozone, shows the same richness as the Liévin shaft n° 6 [There are in fact certainly more than ten species in shaft n° 8 because what is here named Pteraspididae gen. et sp. indet. corresponds to several different species]. Even if the fossil record in this siliciclastic series of Artois is incomplete, it does coincide with a ‘middle’ Lochkovian peak of biodiversity for early vertebrates, also encountered with in Spitsbergen and other places (Blicek, 1984; Blicek *et al.*, 1987, 1995b). It may be correlated to the presence of *Kujdanowiaspis podolica* + *Erikaspis zychi* (and absence of *K. buczaciensis*) if similar to what occurs in Podolia (Dupret & Blicek, 2009). It has been hypothesized that this high diversity event is correlated to a high stand of sea level (Blicek *et al.*, 1995b, p. 455), the mid-Lochkovian time corresponding also to a high sea water temperature episode (Joachimski *et al.*, 2009, fig. 7).

**Acknowledgments.** — Dr. Vincent Dupret (formerly at Uppsala University, Sweden, now at Australian National University in Canberra, ACT, Australia) is warmly thanked for help in the determination of the placoderm material. Both reviewers Prof. David K. Elliott (Northern Arizona University, Flagstaff, AZ, USA) and Dr. V. Dupret have greatly improved the quality of the paper.

## BIBLIOGRAPHIE

- AFANASSIEVA O.B. (2004). — Podklass Osteostraci [Subclass Osteostraci]. In: NOVITSKAYA L.I. & AFANASSIEVA O.B. (eds), *Iskopaemye pozvonotchnye rossii i sopredel'nykh stran* [Fossil vertebrates of Russia and adjacent countries]: *Bestchelyustnye i drevnie ryby* [Agnathans and early fishes]. Rossijskaya Akademiya Nauk [Academy of Sciences of Russia], Paleontologičeskij Institut [Paleontological Institute], Moskva, Geos: 210-267 [In Russian, with English summary].
- APPHIM (2014). — *Mines du nord – Les fosses, les usines et le charbon en Nord Pas de Calais*. Association pour la Protection du Patrimoine Historique et Industriel Minier. World Wide Web address: <http://minesdunord.fr/articles.php?lng=fr&pg=146> [viewed on July 11, 2014].
- BALL H.W. & DINELEY D.L. (1961). — The Old Red Sandstone of Brown Clee Hill and the adjacent area, I: Stratigraphy. *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.), Geol.*, **5** (7): 177-242.
- BLIECK A. (1980). — Le genre *Rhinopteraspis* Jaekel (Vertébrés, Hétérostracés) du Dévonien inférieur : systématique, morphologie, répartition. *Bull. Mus. Nation. Hist. Nat.*, 4<sup>e</sup> série, **2**, section C (1): 25-47.
- BLIECK A. (1982). — Les Hétérostracés (Vertébrés, Agnathes) du Dévonien inférieur du Nord de la France et du Sud de la Belgique (Artois – Ardenne). *Ann. Soc. Géol. Belg.*, **105** (1): 9-23.
- BLIECK A. (1984). — *Les Hétérostracés Pteraspidiformes, Agnathes du Silurien-Dévonien du Continent nord-atlantique et des blocs*

- avoisnants : révision systématique, phylogénie, biostratigraphie, biogéographie. Cahiers de Paléontologie (Vertébrés), C.N.R.S. édit., Paris: 199 p.
- BLIECK A., CANDILIER A.-M., CLOUTIER R., DERYCKE C. & LELIEVRE H. (1995) [BLIECK *et al.*, 1995a]. — Palaeozoic vertebrates of northern France and Belgium (uppermost Silurian to Carboniferous). In: BLIECK A. (ed.), *VIII<sup>th</sup> International Meeting on Early Vertebrates / Lower Vertebrates, Guidebook for IGCP 328 / SDS Joint Field Trip: Boulonnais (France) – Ardenne (Belgium), Sept. 9-15, 1995*. Univ. Sci. Techn. Lille – URA 1365 CNRS publ., Villeneuve d’Ascq: 17-44.
- BLIECK A. & GOUJET D. (1986). — Vertébrés. In: RACHEBCEUF P.R. (ed.), *Le Groupe de Liévin. Pridoli-Lochkovien de l’Artois (N. France). Sédimentologie – Paléontologie – Stratigraphie. Biostratigraphie du Paléozoïque*, **3**: 205-214.
- BLIECK A., GOUJET D. & JANVIER P. (1987). — The vertebrate stratigraphy of the Lower Devonian (Red Bay Group and Wood Bay Formation) of Spitsbergen. *Modern Geology*, **11** (3): 197-217.
- BLIECK A., GOUJET D., JANVIER P. & MEILLIEZ F. (1995) [BLIECK *et al.*, 1995b]. — Revised Upper Silurian – Lower Devonian ichthyostratigraphy of northern France and southern Belgium (Artois-Ardenne). In: ARSENAULT M., LELIEVRE H. & JANVIER P. (eds), *Etudes sur les Vertébrés inférieurs (VII<sup>e</sup> Symposium International, 9-22 juin 1991, Miguasha, Québec)*. *Bull. Mus. Natn. Hist. Nat.*, **4<sup>e</sup> série**, **17**, C (1-4): 447-459.
- BLIECK A. & JANVIER P. (1989). — Vertébrés Agnathes du Dévonien inférieur de l’Artois (Pas-de-Calais, France) : implications biostratigraphiques. *Ann. Paléont. (Vert.-Invert.)*, **75** (3): 125-167.
- BLIECK A., MALVESY T., CANDILIER A.-M., CLOUTIER R. & POPLIN C. (1999). — Les collections du Musée d’Histoire Naturelle de Lille. II. — Vertébrés paléozoïques. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 2<sup>e</sup> série, **7** (3): 87-128.
- B.R.G.M. (1949). — *Etude des déblais du fonçage du puits 8 du Groupe de Liévin (8 mai 1949)*. Rapport n° 63632 du 8 mai 1949 - Point n° 00264X0075/PH: 5 p.; B. R. G. M. [World Wide Web address: <http://ficheinfoterre.brgm.fr/InfoterreFiche/ficheBss.action?id=00264X0075/PH> ; numerical reference n° G0371096 to G0371100]
- BULTYNCK P. (1977). — Conodontes de la Série de Liévin (Siluro-Dévonien) de l’Artois (Nord de la France). In : Données nouvelles sur le Paléozoïque de l’Europe occidentale (suite). *Ann. Soc. Géol. Nord*, **XCVII** (1): 11-20.
- DENISON R. (1978). — Placodermi. In: SCHULTZE H.-P. (ed.), *Handbook of Paleoichthyology*. G. Fischer Verlag, Stuttgart & New York, vol. 2: 128 p.
- DERYCKE-KHATIR C. (2005). — Microrestes de Vertébrés du Paléozoïque supérieur de la Manche au Rhin. *Publ. Soc. Géol. Nord*, **33**: 261 p.
- DINELEY D.L. & LOEFFLER E.J. (1976). — Ostracoderm faunas of the Delorme and associated Siluro-Devonian formations, North West Territories, Canada. *Special Papers in Palaeontology*, **18**: 214 p.
- DINELEY D.L. & METCALF S.J. (1999). — *Fossil fishes of Great Britain*. Joint Nature Conservation Committee Peterborough (UK), The Geological Conservation Review Series, **16**: 675 p.
- DOLLE L. (1903). — Découverte d’Ostracodermes dans le Gédinnien de Pernes. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **XXXII**: 153.
- DOLLE P. (1949). — *Poissons dévoniens trouvés au cours du fonçage du puits 8 du Groupe de Liévin*. Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais, Service de Géologie: 14 typewritten pages, 8 fig., 1 pl. [Report].
- DOLLE P. (1950). — Poissons dévoniens trouvés au cours du fonçage du puits 8 du Groupe de Liévin. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXX**: 185-204.
- DOLLE P. (1957). — *Pteraspis de Liévin*. Mémoire soumis à Jean-Pierre Lehman [deposited in the palaeontology library of the Muséum National d’Histoire Naturelle, Paris; unpublished].
- DOLLE P. & LEGRAND F. (1966). — Quelques observations sur le Siluro-Dévonien charrié du Pas-de-Calais. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXXXVI** (2): 143-151.
- DUPRET V. (2010). — Revision of the genus *Kujdanowiaspis* Stensiö, 1942 (Placodermi, Arthrodira, “Actinolepida”) from the Lower Devonian of Podolia (Ukraine). *Geodiversitas*, **32** (1): 5-63.
- DUPRET V. & BLIECK A. (2009). — The Lochkovian-Pragian boundary in Podolia (Lower Devonian, Ukraine) based upon placoderm vertebrates. *C. R. Geoscience*, **341** (1): 63-70.
- DUPRET V., CARLS P., MARTINEZ-PÉREZ C. & BOTELLA H. (2011). — First Perigondwanan record of actinolepids (Vertebrata: Placodermi: Arthrodira) from the Lochkovian (Early Devonian) of Spain and its palaeobiogeographic significance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **310**: 273–282.
- DUPRET V., GOUJET D. & MARK-KURIK E. (2007). — A new genus of placoderm (Arthrodira: “Actinolepida”) from the Lower Devonian of Podolia (Ukraine). *Jl. Vert. Paleont.*, **27** (2): 266-284.
- GOUJET D. & BLIECK A. (1979). — Les Vertébrés de l’Assise des Schistes et Grès de Pernes (Dévonien du Nord de la France). *Ann. Soc. Géol. Nord*, **XCVIII** (4) [1978]: 263-278.
- JANVIER P. (1996). — *Early Vertebrates*. Oxford Science Publications & Clarendon Press, Oxford Monographs on Geology and Geophysics, **33**: 393 p.
- JOACHIMSKI M.M., BREISIG S., BUGGISCH W., TALENT J.A., MAWSON R., GEREKE M., MORROW J.R., DAY J. & WEDDIGE K. (2009). — Devonian climate and reef evolution : Insights from oxygen isotopes in apatite. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **284** (3-4): 599-609.
- LANKESTER E.R. (1868 – 1870). — *The Fishes of the Old Red Sandstone of Britain. Part I – The Cephalaspidae*. Palaeontographical Society Monograph, London [volume for 1867]: 1-62 [usually cited as Lankester, 1868].
- LAVEINE J.-P. & CUVELIER J. (2011). — Jacques Chalard (1921- 2010). *Ann. Soc. Géol. Nord*, 2<sup>e</sup> série, **18**: 3-9.
- LERICHE M. (1903). — Note préliminaire sur une faune d’Ostracodermes récemment découverts à Pernes (Pas-de-Calais). *Ann. Soc. Géol. Nord*, **XXXII**: 190.
- MARK-KURIK E., BLIECK A., BURROW C.J. & TURNER S. (2013). — Early Devonian fishes from coastal De Long Strait, central Chukotka, Arctic Russia. *Geodiversitas*, **35** (3): 545-578.
- MISTIAEN B., BECKER R.T., BRICE D., DEGARDIN J.-M., DERYCKE C., LOONES C. & ROHART J.-C. (2002). — Données nouvelles sur la partie supérieure de la Formation de Beaulieu (Frasnien de Ferques, Boulonnais, France). In: La nouvelle carte géologique de Marquise (Ed. 2000). *Ann. Soc. Géol. Nord*, 2<sup>e</sup> série, **9** (2): 75-84.
- NIELSEN C. (2012). — The authorship of higher chordate taxa. *Zoologica Scripta*, **41**: 435-436.
- PERNEGRE V.N. & ELLIOTT D.K. (2008). — Phylogeny of the Pteraspidiformes (Heterostraci), Silurian-Devonian jawless vertebrates. *Zoologica Scripta*, **37** (4): 391-403.
- PETIT R. (1951). — Renseignements nouveaux sur le terrain siluro-dévonien de la concession de Liévin et de son voisinage. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXXI**: 43-48.

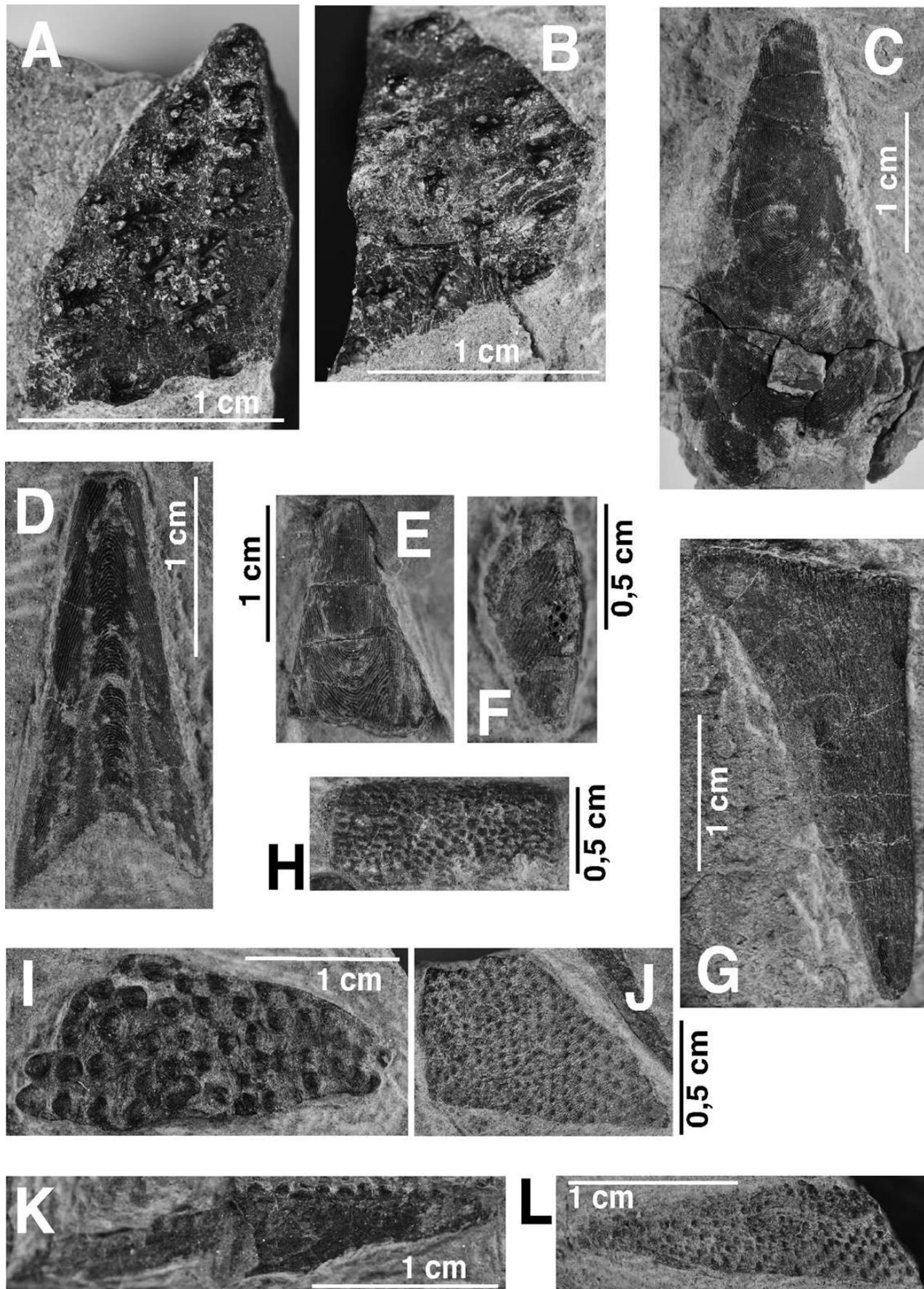
- RACHEBCEUF P.R. ed. (1986). — Le Groupe de Liévin. Pridoli-Lochkovien de l'Artois (N. France). Sédimentologie – Paléontologie – Stratigraphie. *Biostratigraphie du Paléozoïque*, Brest, **3**: 215 p.
- SANSOM R.S. (2009). — Phylogeny, classification and character polarity of the Osteostraci (Vertebrata). *Jl. System. Palaeont.*, **7** (1): 95-115.
- SCOTT B.R. & WILSON M.V.H. (2012). — A new species of *Waengsjoeaspis* (Cephalaspidomorpha, Osteostraci) from the Early Devonian of Northwestern Canada, with a redescription of *W. nahamiensis* and implications for growth, variation, morphology, and phylogeny. *Jl. Vert. Paleont.*, **32** (6): 1235-1253.
- TARRANT P.R. (1991). — The ostracoderm *Phialaspis* from the Lower Devonian of the Welsh Borderland and South Wales. *Palaeontology*, **34** (2): 399-438.
- WHITE E.I. (1956). — Preliminary note on the range of Pteraspids in Western Europe. *Bull. Inst. Roy. Sci. Natur. Belg.*, **32** (10): 1-10.
- WHITE E.I. (1973). — Form and growth in *Belgicaspis* (Heterostraci). *Palaeontographica*, A, **143** (1-6): 11-24.

EXPLICATIONS DE LA PLANCHE I

EXPLANATIONS OF PLATE I

Plate I. — Vertebrates of the 'middle' Lochkovian, lower Pernes Formation (formerly known as « Schistes et Grès de Pernes »), slag heap of the Liévin shaft n° 8, Avion (Pas-de-Calais, France). **A-B**- Traquairaspididae gen. et sp. indet., fragments of a dermal plate, specimens MGL n° 9571-3 (A) and 9571-2 (B); **C-E**- *Rhinopteraspis crouchi*, dorsal face of a rostral plate, specimen MGL n° 9570-1 (C), part of ventral face of a rostral plate, specimen MGL n° 9571-1 (D), and tip of the dorsal face of a rostral plate, specimen MGL n° 9572 (E); **F-G**- Pteraspididae gen. et sp. indet., ridge scale, specimen MGL n° 9573 (F), and cornual plate, specimen MGL n° 9578 (G); **H**- *Cephalaspis* sp., fragment of external margin of a cephalic shield, specimen MGL n° 9579; **I-L**- *Kujdanowiaspis?* sp., fragment of plate (anterolateral?), specimen MGL n° 9580-1 (I), fragment of plate, specimen MGL n° 9580-2 (J), fragmentary spinal plate, specimen MGL n° 9580-3 (K), and possible fragmentary spinal plate, specimen MGL n° 9581 (L).

Planche I. — Vertébrés de la partie inférieure de la Formation de Pernes (originellement « Schistes et Grès de Pernes ») du terril du puits 8 de Liévin, à Avion (Pas-de-Calais, France; Lochkovien 'moyen'). **A-B**- Traquairaspididae gen. et sp. indet., fragments de plaque dermique, spécimens MGL n° 9571-3 (A) et 9571-2 (B); **C-E**- *Rhinopteraspis crouchi*, face dorsale de plaque rostrale, spécimen MGL n° 9570-1 (C), face ventrale incomplète de plaque rostrale, spécimen MGL n° 9571-1 (D), et pointe de la face dorsale d'une plaque rostrale, spécimen MGL n° 9572 (E); **F-G**- Pteraspididae gen. et sp. indet., écaille faitière du tronc, spécimen MGL n° 9573 (F), et plaque cornuale, spécimen MGL n° 9578 (G); **H**- *Cephalaspis* sp., fragment du bord externe d'un bouclier céphalique, spécimen MGL n° 9579; **I-L**- *Kujdanowiaspis?* sp., fragment de plaque (antérolatérale ?), spécimen MGL n° 9580-1 (I), fragment de plaque, spécimen MGL n° 9580-2 (J), plaque spinale incomplète, spécimen MGL n° 9580-3 (K), et fragment d'une possible plaque spinale, spécimen MGL n° 9581 (L).





BUILD ON US

[www.soletanche-bachy.com](http://www.soletanche-bachy.com)

→ Intervenant partout dans le monde pour le compte de clients publics ou privés, Soletanche Bachy s'attache à proposer les meilleures solutions techniques et contractuelles : elle apporte aussi bien des compétences polyvalentes d'ensemblier dans le cadre de grands projets d'infrastructures, que celles de spécialiste maîtrisant l'ensemble des procédés de géotechnique, de fondations spéciales, de travaux souterrains, d'amélioration et de dépollution des sols.



I ZAC Concorde I VIRTY- SUR-SEINE, FRANCE I  
Comblement de carrière



**SOLETANCHE BACHY**

## COURS D'EAU, INONDABILITE ET URBANISME - QUELQUES EXEMPLES A MEDITER SUR LE TERRITOIRE DE LILLE-METROPOLE

### *Streams, flooding and urbanism : a few examples to think about through Lille-Métropole territory*

par Francis MEILLIEZ (\*), Hervé COULON (\*\*) & Joris MAVEL (\*\*\*)

*Résumé.* – Au travers de la reconstitution historique du développement urbanistique d'un territoire marqué par un réseau hydrographique secondaire suffisamment discret pour être ignoré, cet article interroge les aménageurs du territoire sur leurs pratiques et leur suggère d'intégrer dans leurs réflexions une dimension naturaliste que peut leur apporter la vision multi-échelles, temporelle et spatiale, des géologues régionaux. Deux exemples choisis sur le territoire communautaire de Lille-Métropole soutiennent cette réflexion et invitent à s'interroger en matière de gestion de risques avérés ou prévisibles, et malgré tout réputés naturels : 1) à l'échelle du millénaire : le Becquerel, affluent de la Deûle aujourd'hui masqué, se rappelle à la mémoire des hommes en provoquant régulièrement des inondations nécessitant d'importants travaux d'aménagements pour tenter de les maîtriser ; 2) à l'échelle de quelques décennies : le Ru des Voyettes, affluent de la Marque et « élément perturbateur » des différentes phases successives d'aménagement du secteur de Lille Est depuis les années 1970, a été géré dans le meilleur des cas au niveau des emprises des différentes phases de réalisation des éléments d'infrastructures, et complètement ignoré dans le pire des cas. Les conséquences en matière d'inondations ponctuelles sont récurrentes mais les risques globaux à venir dans les projets d'aménagement actuels ne sont toujours pas pris en compte.

*Abstract.* – *Through the historical reconstruction of urban development of an area marked by a secondary hydrographic system discreet enough to be ignored, this article examines regional developers on their practices and suggest to incorporate into their thoughts a naturalistic dimension that the multi-scale spatial and temporal vision of regional geologists may bring them. Two examples from Lille metropolitan area support this reflection and explain the implications for management of known or predictable risks, and yet considered as natural : 1) scale of the millennium : the Becquerel, a now hidden tributary of the Deûle river recalls the memory of men regularly causing floods requiring major adjustments work to try to control them ; 2) scale of a few decades: the "Ru des Voyettes", a tributary of the Marque river and "disruptive" for the different phases of development in the area of Lille Est district since the 1970s, has been managed in the best of cases at surfaces level of various phases of elements infrastructure and completely ignored in the worst cases. The consequences in terms of specific recurrent flooding but overall to come in the current development projects risks are not always taken into account.*

*Mots clés.* – Urbanisme, risques naturels et anthropiques, aménagement du territoire, inondations, Mélançois.  
*Key words.* – *Town planning, natural and anthropogenic hazards, territory planning, flooding, Mélançois.*

### I. – INTRODUCTION

L'histoire des hommes est partiellement liée à leur aptitude à lire un paysage, à en découvrir les pièges, à trouver et mettre en œuvre un compromis entre besoins d'usage et contraintes hydrologiques locales, à en tirer les ressources nécessaires à leur subsistance. Avant que l'homme ne mette entre lui et la nature un machinisme envahissant, son contact avec le paysage était plutôt physique, formaté par les sens, la capacité d'observation et de réflexion, et très certainement un grand nombre d'expériences malheureuses dont il a fallu retenir les leçons. Dans les régions à faible relief de l'Europe du nord-ouest, c'est particulièrement vrai avec les cours d'eau et les zones humides qui les accompagnent. Pour satisfaire ses besoins alimentaires, l'homme a très tôt, sous toutes les latitudes, occupé les terres épisodiquement inondées. Il a aussi très vite compris que l'eau qui le menaçait pouvait

aussi le défendre en maintenant ses ennemis à distance, voire en les menaçant de l'inondation contre laquelle lui-même veillait à se prémunir. Mais il faut croire que les progrès techniques dont on attendait le secours libérateur en maîtrisant les technologies météorologiques, la modélisation numérique 3D et la puissance des outils de communication, ont conduit à oublier l'irremplaçable observation visuelle sur le terrain, les données historiques aussi bien que la prise en compte de l'incertitude induite par la qualité de l'observation. Un paysage est un objet vivant, mais sur un pas de temps qui n'est pas celui de la vie humaine. La mémoire est un instrument d'investigation nécessaire pour spéculer sur l'avenir.

Pour illustrer notre propos, nous nous appuyons sur deux exemples pris sur le territoire de Lille-Métropole. On pouvait les prendre dans de très nombreux endroits où l'urbanisme gangrène

(\*) Université Lille1, UMR8217 du CNRS, UFR Sciences de la Terre, F-59655 Villeneuve d'Ascq cedex ; francis.meilliez@univ-lille1.fr  
(\*\*) CEREMA – Direction Territoriale Nord – Picardie, 42bis rue Marais – Sequedin, F-59482 Haubourdin ; herve.coulon@cerema.fr  
(\*\*\*) Antea Group France, Synergie Park, 5 avenue Louis Néel, F-59260 Lezennes ; joris.mavel@anteagroup.com

l'espace si rapidement qu'on ne se donne pas suffisamment la peine d'observer en 4D (espace x temps) sur quel territoire il s'incruste. Notre propos n'est pas d'identifier des responsabilités dans l'enchaînement des décisions, mais de réfléchir sur le processus même d'analyse préalable des phénomènes naturels qui caractérisent un territoire. Le but n'est pas de s'opposer à tout aménagement mais de réfléchir à une méthode de travail souhaitable pour intégrer à tout projet les perturbations qu'il va nécessairement entraîner dans l'espace où on l'insère. Le premier exemple est pris dans le quartier de la gare Lille-Flandres et de Fives, périodiquement soumis à des inondations. Il y a environ 1000 ans, cet espace était un val dans lequel coulait une petite rivière au débit capricieux. Les ans et les hommes ont couvert cet espace de constructions en tout genre, tandis que le fil d'eau continue de se frayer un passage avec ténacité à travers tous les obstacles qu'on lui impose. Un cours d'eau ne sort pas d'un robinet que l'homme maîtriserait au-dessus d'une baignoire. Mais la leçon semble n'avoir toujours pas été comprise puisqu'aujourd'hui on commet la même erreur, quelques kilomètres plus loin, avec un cours d'eau au débit également capricieux. Et le second exemple montrera qu'entre Sainghin-en-Mélantois et Lesquin un cours d'eau a déjà partiellement disparu de la mémoire humaine. Si la trace a disparu du paysage, l'eau, elle, suit son chemin, descendant les pentes et s'accumulant là où les travaux lui ont ménagé des « baignoires ».

## II. – LE BECQUEREL A TRAVERS LES ÂGES

La Ville de Lille a entrepris un long effort d'investigation qui s'avère efficace : retrouver la trace de l'eau sur le territoire naturel que la ville a recouvert au cours des siècles (Olivier-Valengin, 2012). Une carte de l'extension de la plaine alluviale préalable à l'implantation de la ville a pu être reconstituée (Fig. 1). La Deûle coulait vers l'ENE, divaguant dans une vallée largement ouverte. Quelques tresses identifiées trahissent l'instabilité de l'écoulement. Brusquement, la Deûle oblique plein nord, formant un coude au niveau duquel deux petits cours d'eau la rejoignent : le Bucquet en rive gauche et le Becquerel en rive droite. Du matériel archéologique qui peut être rapporté au Paléolithique a été découvert dans ces alluvions au hasard des constructions (Gosselet, 1895). Mais à l'intérieur de ce coude, le premier site ayant laissé des traces durables de l'embryon de la ville actuelle semble antérieur à l'an 1000 : une motte castrale dont le site est aujourd'hui occupé par la cathédrale N. D. de la Treille.

La confluence est une plaine alluviale marécageuse assez étendue, dont l'exutoire se fait par une chute d'eau d'au moins 2 m, au niveau de ce qui sera appelé « le rivage du Wault », pour désigner le rivage du haut. Le nom de la Rue de la Barre rappelle aussi la présence de cette chute. Une autre chute, de même

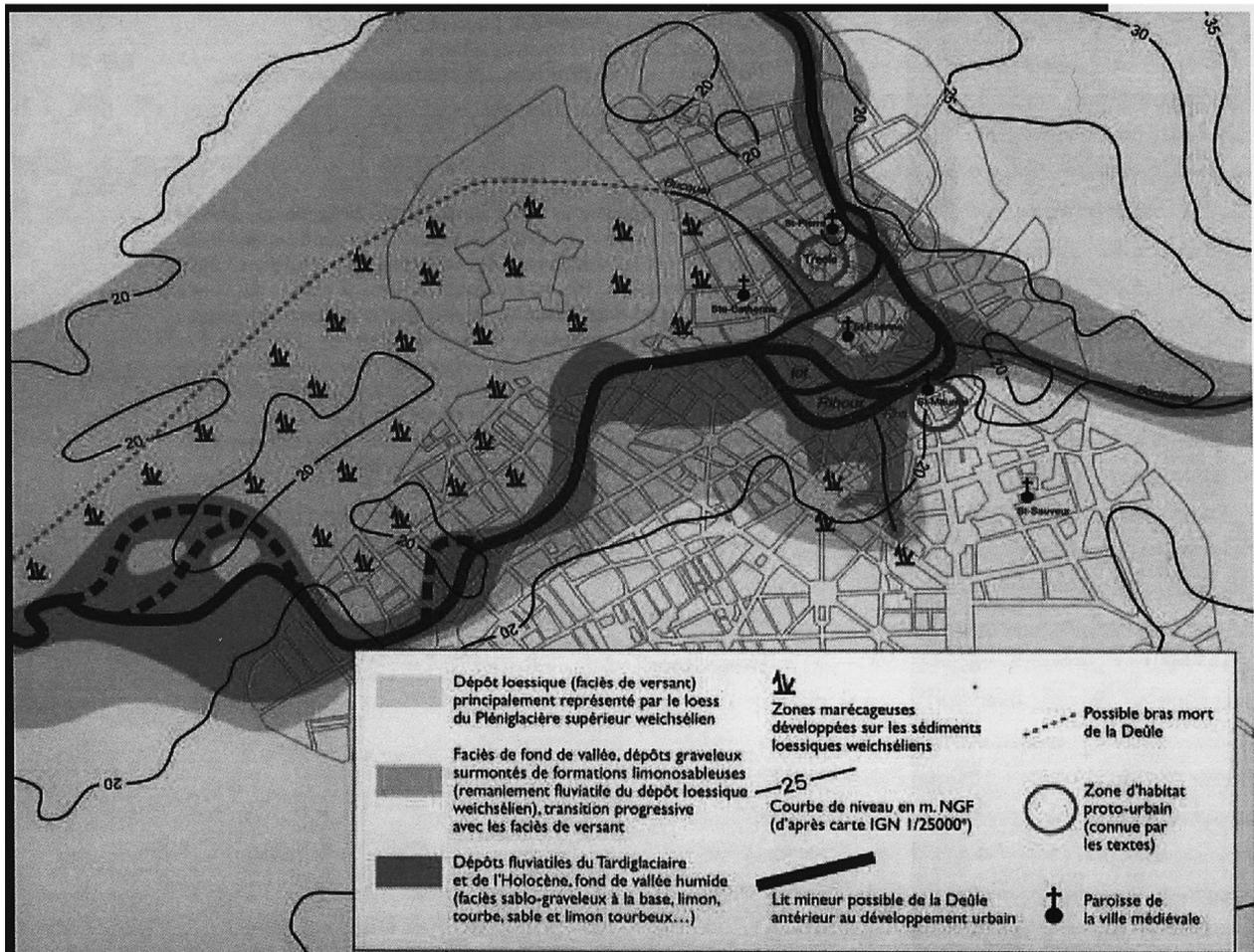


Fig. 1. – Carte géologique du site sur lequel la ville de Lille s'est implantée. Reconstitution réalisée par Catherine Monnet et Laurent Deschodt, reproduite dans Olivier-Valengin (2012).

Fig. 1. – Geological map of the site upon which the Lille city settled. Reconstruction realised by Catherine Monnet and Laurent Deschodt, and published in Olivier-Valengin (2012).

dénivelé, était active en amont du rivage du bas (le premier port historique), l'actuelle partie sud de l'Avenue du Peuple Belge. Ces chutes déterminaient trois biefs, respectivement de l'amont vers l'aval : la Haute-Deûle, la Moyenne Deûle, la Basse-Deûle. La présence de ces chutes imposait une rupture de charge au transport de marchandises. C'est certainement l'une des raisons qui a justifié l'implantation d'un point stratégique de contrôle des déplacements à cet endroit. De son côté, le Becquerel chute également, d'un peu moins de 2 m, à peu près au niveau de la Gare Lille-Flandres actuelle, avant de rejoindre un bras de la Deûle. Une communauté humaine désignée sous le nom de Fins, s'était implantée près de cette troisième chute (Olivier-Valengin, 2012, p. 9).

Au XI<sup>e</sup> siècle, ce qui deviendra la ville de Lille est donc un solide point stratégique au milieu d'une zone de confluence, permettant de contrôler tant la circulation fluviale que la traversée de la vallée. A cette époque, en effet, le niveau de base du réseau hydrographique régional est plus élevé qu'aujourd'hui (Sommé, 1977). Les vallées sont engorgées de sédiments que de faibles débits ne parviennent pas à évacuer. Largement ouvertes et par défaut de portance géotechnique, ces vallées marécageuses sont difficiles à traverser par les hommes, et surtout par les chariots lourdement chargés. Toutefois, le futur site de Lille permet d'accéder vers le SE à un plateau crayeux plus sec et plus résistant (Lezennes, Lesquin, Gruson, ...), plus ou moins couvert de limon, sur lequel les routes se fraient un passage vers Tournai et Douai.

Le Becquerel, aussi appelé la Chaude-Rivière, prend sa source près de Flers-Bourg, dans le quartier d'Hellemmes dit La Guinguette. C'est un cours d'eau d'au plus 3 500 m de long qui descend en altitude de 29 m à 23 m environ. « ... les sources de la Chaude-Rivière proviennent de la base des terrains tertiaires ; si elles ont beaucoup diminué depuis quelques siècles c'est que la population augmentant à Fives et à Saint-Maurice, on va chercher par des puits l'eau qui coulait primitivement par des sources. » (Gosselet, 1895). Sur la carte géologique (Fig. 2) sa présence est trahie par un élargissement triangulaire de la plaine alluviale de la Deûle sous l'actuelle ville de Lille, jusque dans le quartier de Fives. Au-delà de La Guinguette, vers le SE, le Courant de Maître David suit la même direction mais coule vers le SE pour rejoindre la Marque à Forest-sur-Marque. Aujourd'hui, ce modeste cours d'eau a été valorisé et intégré dans l'aménagement de la chaîne des lacs à Villeneuve d'Ascq, comme exutoire des collecteurs d'eaux pluviales. Une pompe de relevage a remplacé la confluence naturelle près de la Ferme du Héron. En effet, l'aménagement a nécessité de surcreuser le lit du Courant de Maître David qui, de ce fait, arrive en contrebas de la Marque.

Le Becquerel incise une couche de limon de moins de 5 m d'épaisseur qui masque l'Argile de Louvil (e2a de la carte géologique) et, localement, la base des Sables d'Ostricourt (e2b). Il draine donc la part infiltrée des eaux de pluie qui tombent sur les sables et limons et coule sur l'argile. Les alertes réitérées aux inondations démontrent que ce drainage est toujours actif,

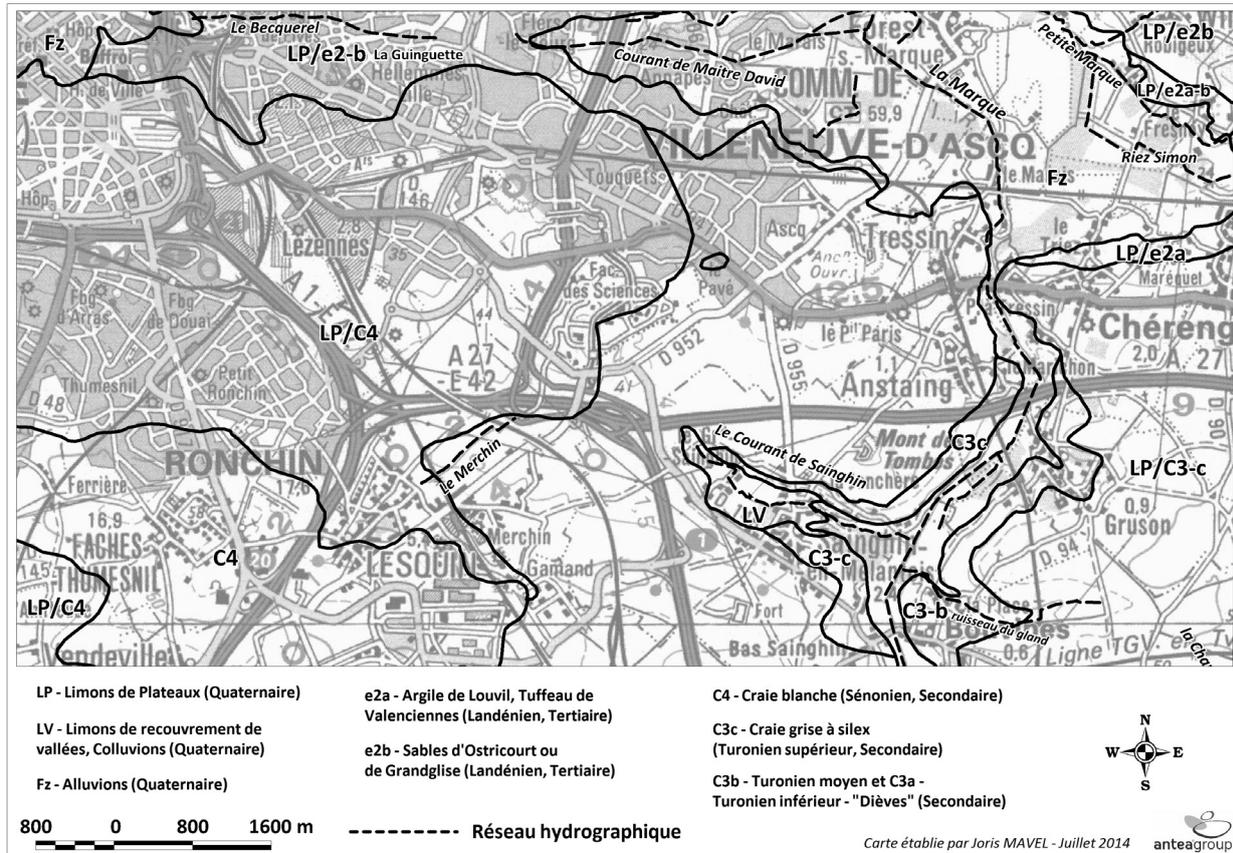


Fig. 2. – Carte géologique à 1:50 000, entre Lille et Cysoing, assemblée à partir des feuilles n°14 de Lille et n°20 de Carvin (Source : <http://infoterre.brgm.fr>).

Fig. 2. – Geological map between Lille and Cysoing, extracted from the 1:50 000 scale sheets n°14 Lille and n°20 Carvin (Source : <http://infoterre.brgm.fr>).

bien que l'urbanisme ait complètement fait disparaître le cours d'eau de la surface du sol. La presse s'est fait l'écho de l'ire des riverains d'Hellemmes et surtout de Fives en janvier-février 2013, comme en janvier 2001, pour ne citer que les réclamations les plus vives. Mais le Becquerel s'était déjà souvent manifesté au fil des siècles. Toutes les données historiques qui suivent sont extraites de Olivier-Valengin (2012). Un ensemble de fortifications a été construit durant le XV<sup>e</sup> siècle. Mais les fossés sont régulièrement envasés, surtout ceux dans lesquels débouche le Becquerel au niveau de l'actuelle Place des Regnaux. Par ailleurs le Becquerel alimente en eau potable la ville de Lille ; il faut croire que le cours principal de la Deûle servait donc d'égout. Au début du XVI<sup>e</sup> siècle, les échevins ont endigué l'arrivée du Becquerel et en ont détourné le cours directement le long des fortifications pour rejoindre la Basse-Deûle au niveau du Bas-Rivage. Le dernier tiers du XVII<sup>e</sup> siècle a vu la construction de la citadelle de Lille par Simon Volland et ses équipes, sous la direction de Vauban. Le Bucquet a disparu à cette occasion, complètement intégré dans le système de défense imaginé alors et qui a perduré jusque durant les années 1880. Mais c'est vraiment au XX<sup>e</sup> siècle que la ville de Lille, comme beaucoup d'autres, s'est libérée des cours d'eau et canaux urbains qu'elle avait multipliés durant les siècles précédents. Comme pour l'abattage des fortifications, une des raisons invoquées a été la nécessité de percer des voies de communication adaptées aux nouveaux moyens de transport (chemins de fer, véhicules automobiles,).

C'est dans le dernier quart du XX<sup>e</sup> siècle qu'a ressurgi le besoin de redonner sa place à l'eau dans la ville. Mais quelle eau ? celle des cours d'eau initiaux ? celle des multiples canaux percés, le plus souvent pour tenter de corriger des nuisances induites par les travaux précédents (érosion, envasement, pollution, inondation) ? Le débat est en cours. La Ville de Lille a fondé son identité sur un lien vital avec le système hydrographique pour répondre à un besoin stratégique. Les besoins alimentaires et sanitaires ont été traités au jour le jour, en n'imaginant jamais le

devenir de la ville. Mais quelqu'un avait-il les moyens de le faire ? Certainement pas. Aujourd'hui, cependant, nous avons les moyens d'analyser ce qui a été fait ainsi que les conséquences des choix retenus. L'imperméabilisation de la surface urbaine n'empêche pas l'eau de couler dans l'ancien lit, recouvert de remblais qui constituent une assise de construction. La situation s'est compliquée avec le développement de constructions nécessitant des surfaces importantes gagnées en profondeur (parkings étagés notamment). En 1980, la construction de la galerie du métro (ligne 1) est restée bloquée plusieurs jours à l'aplomb du commissariat de la Douane de Fives, victime d'une venue d'eau persistante. Plus récemment, les fondations profondes des grands immeubles des quartiers Euralille, ainsi que l'encaissement de la tranchée nécessaire à la voie rapide de Lille-Est, ont aussi créé des barrages à la perméabilité, obstacles à l'écoulement. La rue de Bouvines est particulièrement touchée (Fig. 3).

### III. – LE RU DES VOYETTES, EN VOIE DE DISPARITION

Nous appelons Ru des Voyettes un cours d'eau qui descend de Lesquin, traverse les parcelles agricoles du lieu-dit Les Voyettes (carte IGN à 1:25 000 n° 2504E), disparaît sous le nœud autoroutier des Quatre Cantons, réapparaît dans les champs au sud de l'A27, traverse Sainghin-en-Mélantois pour rejoindre la Marque face au village de Bouvines. La base de données de VNF (Voies Navigables de France) montre deux tronçons distincts, l'un à Lesquin, l'autre à Sainghin-en-Mélantois (Fig. 4a). La BD-Carto® de IGN (Géoportail) désigne ces deux tronçons respectivement sous les noms de « Merchin » et « Ruisseau de Sainghin » (Fig. 2). Nous allons montrer qu'il s'agit du même cours d'eau, d'une part en retraçant le tronçon intermédiaire manquant, d'autre part en proposant d'identifier l'une des sources historiques potentielles à proximité de l'église de Lesquin (Fig. 4b).

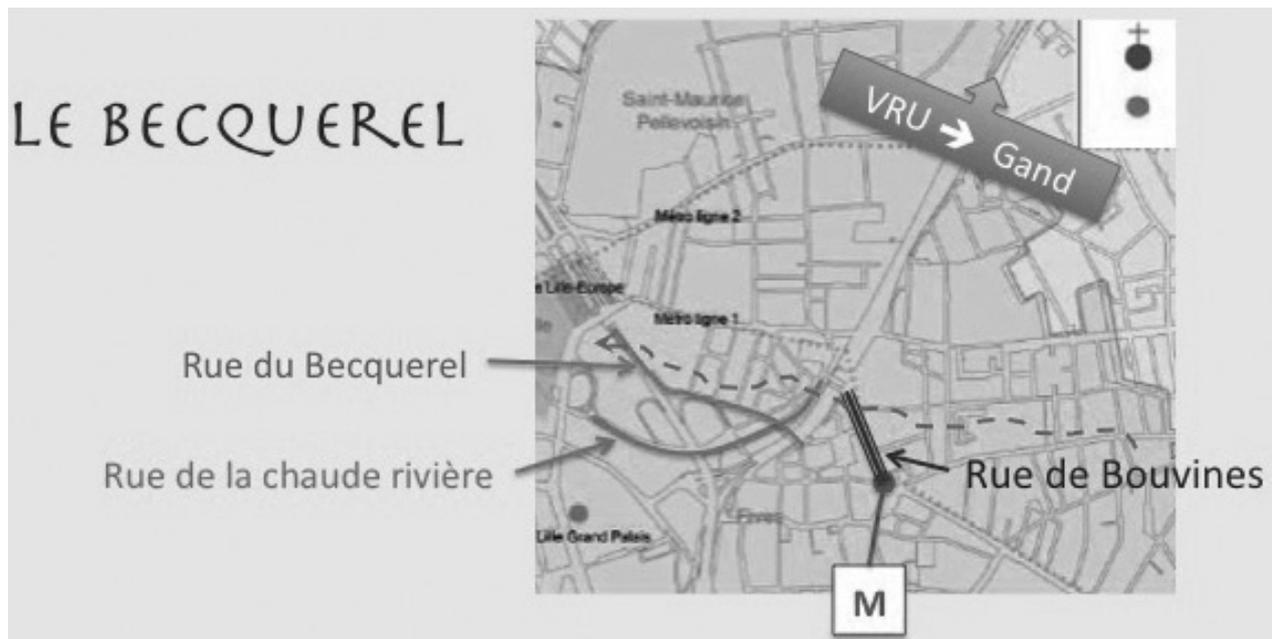


Fig. 3. – Le site de la rue de Bouvines, à Lille, traverse le cours, devenu souterrain, du Becquerel. Source : le fond de carte est extrait de Olivier-Langevin (2012).

Fig. 3. – The Bouvines Street in Lille crosses the Becquerel river which flows underground today. Source : the map background is extracted from Olivier-Valengin, (2012).

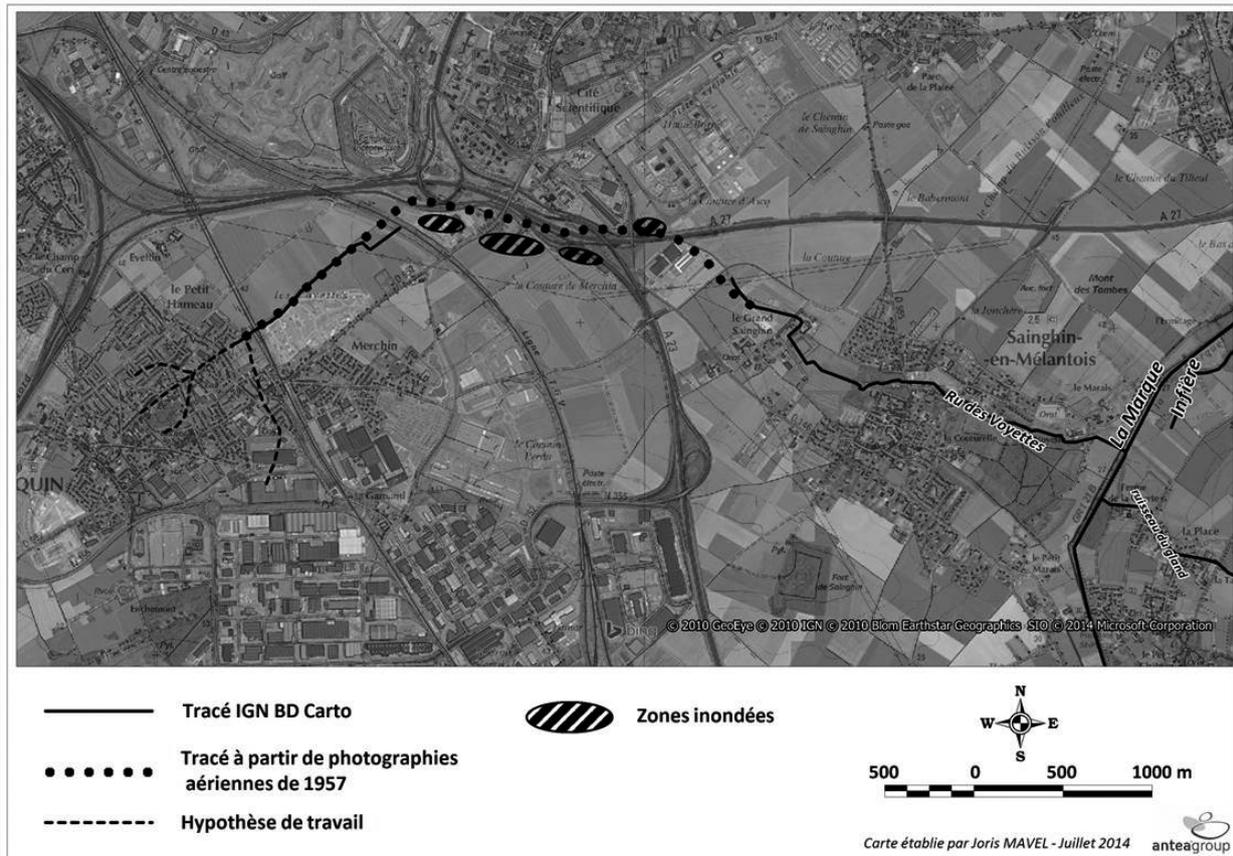


Fig. 4a. – Le cours du Ru des Voyettes reconstitué.

Fig. 4a. – Restoration of the Ru des Voyettes course.

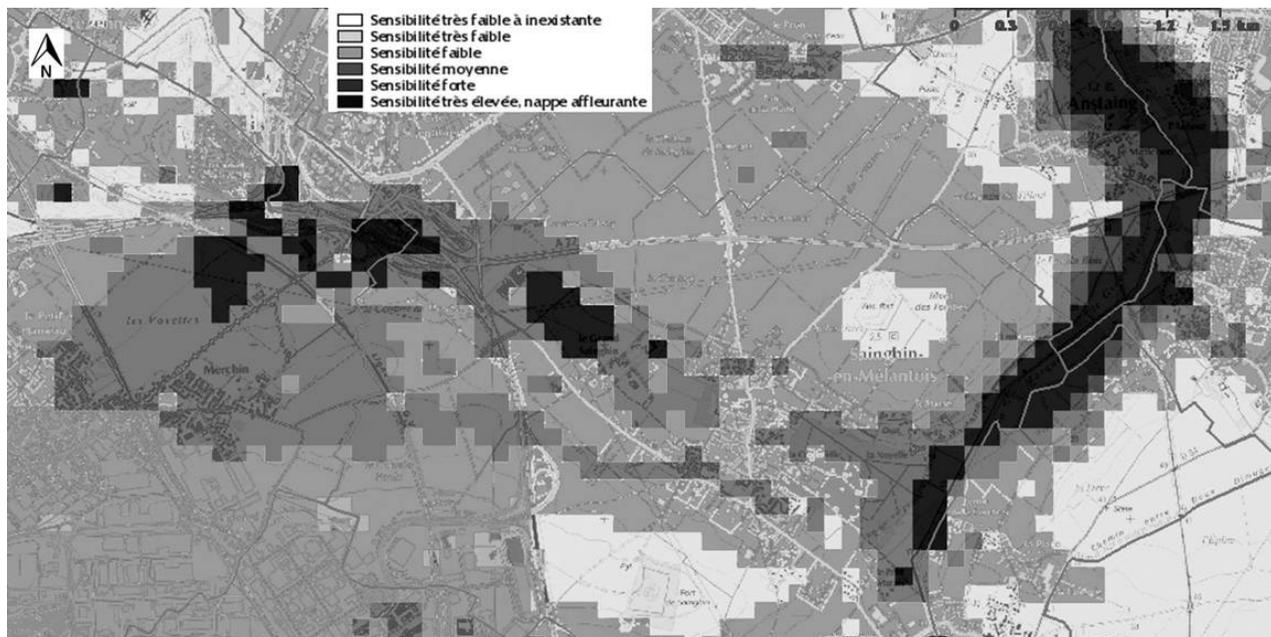


Fig. 4b. – Carte de sensibilité aux inondations par remontée de nappe (Source : donnée extraite du site web [www.inondationsnappes.fr](http://www.inondationsnappes.fr), développé par le BRGM. Ce zonage a été défini à l'échelle départementale à partir des caractéristiques d'épaisseur de la zone non saturée et de l'amplitude des battements de la nappe).

Fig. 4b. – Flooding sensitiveness map by watertable vertical mobility (Source : data from the website [www.inondationsnappes.fr](http://www.inondationsnappes.fr), developed by the Bureau de Recherches Géologiques et Minières. Such a zonation is defined on the Department scale, crossing the unsaturated underground zone thickness with the vertical watertable mobility).

Ainsi défini le Ru des Voyettes est un cours d'eau long de 6 à 7 km, descendant de la cote 52 à la cote 27. Dans la base de données SANDRE (fiche n° E3340640 : Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau) sa partie aval est répertoriée comme Ruisseau de Sainghin sur une longueur de 2,8 km ; mais la partie amont n'est pas décrite, bien qu'elle figure sur la carte (Fig. 4a). La confluence avec la Marque est aussi représentée sur une carte de 1665, à la sortie de Sainghin-en-Mélantois, sous le nom de Courant de Noyelle (Leman, 1973). Cette partie aval est une vallée très largement ouverte et tapissée d'alluvions (Fig. 2) reposant sur les craies argileuses et les marnes qui marquent le passage du Turonien moyen au Turonien supérieur. En amont du village (lieu-dit Le Grand Sainghin sur la carte IGN à 1:25 000), le cours d'eau dessert depuis des siècles la Grande Ferme entourée de fossés, comme c'était l'usage autrefois. Vers l'amont, il longe un terrain industriel auquel il sert de déversoir pour l'excès d'eaux pluviales. L'aménagement récent a permis de rendre son abord praticable sur les deux rives (mars 2014). L'autoroute A27 lui barre la route, mais il a été détourné dans un fossé qui la longe au sud jusqu'au remblai du passage supérieur du CD146. Au-delà, aucune trace de fossé n'a encore été identifiée. Au nord de l'A27, le cours d'eau disparaît en tant que tel. Une zone humide a été aménagée dans les champs limitrophes du parc scientifique de la Haute-Borne, dans l'angle NE entre l'autoroute A27 et le CD146 ; elle sert d'exutoire aux eaux de ruissellement. A l'ouest du CD146 se suivent l'extrémité du garage-atelier du métro (ligne1) et les ouvrages de jonction entre les autoroutes A23 et A27, le CD146 et le CD952 (vers Lesquin). Le long de ce tronçon, la trace d'un éventuel cours d'eau n'est marquée que par un fossé bétonné au cœur de la boucle de raccordement entre l'autoroute et le CD 952. En revanche, ce secteur est le siège d'inondations récurrentes. L'atelier-garage du métro a dû être équipé d'un bassin de stockage d'eaux pluviales. La bretelle de raccordement à l'A23 en direction de Valenciennes est inondée quelques jours par an presque tous les ans. Les champs qui jouxtent au sud ces ouvrages autoroutiers sont inondés tous les ans, plus ou moins longtemps selon la pluviométrie. L'entreprise de logistique, en bordure NW du CD952, a été suffisamment inondée pour avoir aménagé la collecte des eaux de ruissellement vers un fossé qui se greffe par une canalisation sous chaussée au fossé qui borde le CD952 au SE. D'ailleurs l'intégralité de ce tronçon a été mentionnée spécifiquement par le BRGM comme zone à vulnérabilité maximale par rapport à la sensibilité d'inondation par remontée de nappe (Fig. 4b). Au-delà, il faut passer à l'ouest du remblai du TGV pour retrouver le Ru des Voyettes au milieu des terres agricoles qui occupent encore le lieu-dit Les Voyettes. Le remblai a barré, sans le busser, le Ru des Voyettes, pourtant en eau en toute saison. Un fossé a toutefois été creusé pour évacuer l'écoulement jusqu'au CD952, c'est-à-dire en contre-pente. En 2012, les déblais excédentaires des terrassements nécessaires à la réalisation du Stade Pierre Mauroy ont été partiellement utilisés pour réaliser un ensemble de buttes anti-bruits tout le long du TGV et de l'autoroute autour de l'agglomération de Lesquin. Le fossé dérivé du Ru des Voyettes est donc à présent divisé en deux, de part et d'autre de ce nouveau remblai, en situation de contre-pente. Toutes les conditions sont donc remplies pour qu'une prochaine zone inondable soit active au cours des prochains hivers. Or, on imagine aisément que l'ensemble des terres agricoles des Voyettes, exploitées par la Ferme d'Eveltin, est destiné à être urbanisé dans la prochaine décennie.

Le bassin versant des Voyettes est traversé dans sa partie amont par la voie ferrée Lille-Valenciennes, qui, étant horizontale, met en évidence la faible concavité du terrain naturel. A l'aval de cette voie, et entre le Ru et le CD952, un nouveau quartier d'habitations se construit au détriment de champs limoneux dans lesquels les fouilles préventives

réglementaires n'ont pas trouvé d'objets remarquables. Un passage sous voie a été construit sous la voie ferrée, permettant aux piétons de passer au-dessus d'un fossé cimenté dans lequel coule le Ru des Voyettes. Mais à l'amont de la voie ferrée, le cours d'eau n'est plus visible. Il est pourtant bien figuré sur le fond topographique de la carte géologique Lille-Halluin (Sangnier *et al.*, 1968). En revanche, une station de collecte d'eaux usées de la Communauté Urbaine de Lille a été implantée à proximité des habitations qui se sont groupées là depuis 1965. Le chemin reliant cette station à la rue Pierre Curie porte le nom de Chemin des Voyettes ; il recouvre vraisemblablement un collecteur dans lequel s'écoulait le ruisseau jusqu'au début des années 1960. Une photo aérienne de 1957 ne montre pas de maisons de part et d'autre de ce tracé. A l'amont de la rue Pierre Curie, retrouver la trace du Ru des Voyettes est très difficile car si la pente se redresse (rue Victor Hugo) avant de rejoindre quelques fermes anciennes, aucun val particulièrement incisé n'est détectable. Le modelé topographique suggère plutôt que le bassin d'alimentation du Ru des Voyettes soit constitué de nombreux filets d'eau qui devaient se rassembler à peu près au niveau de l'actuelle station d'eaux usées. Une hypothèse crédible est que la baisse historique des niveaux de base ait suffisamment abaissé la surface piézométrique pour ne mettre en eau ces ravines qu'aux périodes de pluie très abondante. En autres temps, elles constituaient des « voïettes » naturelles, c'est-à-dire en picard, de petits sentiers praticables aux hommes et aux animaux (renseignements convergents de Paul Broquet et Patrick De Wever). Les indices sont aussi la localisation des fermes anciennes qui n'ont pas été bâties les pieds dans l'eau, et la toponymie des rues. C'est ainsi qu'un « sentier la fontaine » a été remis à l'honneur, bien que la désignation puisse prêter à confusion avec le fabuliste. Ce sentier conduit, au sein d'un lotissement récent, à une fontaine restaurée, mais apparemment non productive naturellement aujourd'hui. Cette fontaine, à environ 200 m de l'église du village ancien, devait être alimentée par l'eau de pluie recueillie sur le dôme topographique Lesquin – Fâches, sur lequel un placage résiduel de Paléocène argilo-sableux devait retarder l'infiltration dans la craie sous-jacente. Un profil en long hors échelle représente les relations entre les divers composants géologiques (Fig. 5).

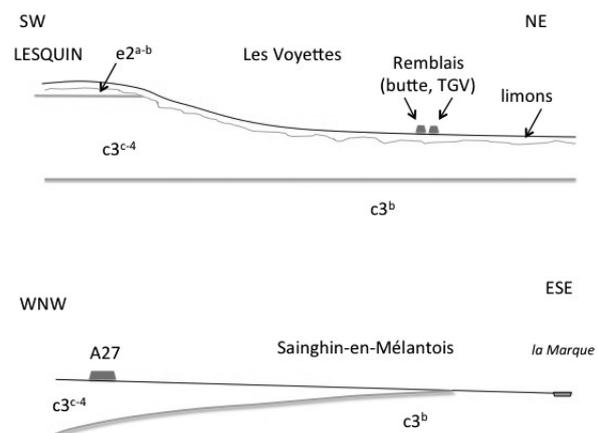


Fig. 5. – Profil en long du Ru des Voyettes : tronçon amont (SW-NE), tronçon aval (WNW-ESE).

Fig. 5. – Longitudinal profile of the Ru des Voyettes : upstream creek (SW-NE), downstream creek (WNW-ESE).

#### IV. – PEUT-ON TOUT FAIRE AVEC LE SOL NATUREL ?

Les deux exemples qui viennent d'être rapidement évoqués imposent de questionner les pratiques de travail de notre société technologique. Comment se peut-il que la mise en chantier d'un programme d'habitations, d'une infrastructure importante (voie de communication, bâtiment public, ...) néglige les informations accumulées par les prédécesseurs, au point d'oublier comment fonctionne naturellement un fragment de territoire ? Le géologue ne peut pas répondre à cette question qui l'entraîne hors de sa compétence. Mais il est en droit, si ce n'est en devoir, de la poser lorsqu'il constate qu'un cours d'eau, dont la vocation naturelle est de collecter et d'évacuer le ruissellement superficiel, est peu à peu remplacé par des pompes, des bassins de stockage, des tuyaux ou des fossés en contre-pente, pour remplir la même fonction. La technologie permet-elle de tout faire dès lors que quelqu'un en a décidé ? Certes, le faible relief de la région semble ne pas poser de contrainte à un projet touchant à l'occupation du sol. La première emprise majeure de l'homme sur les territoires qu'il occupe depuis des millénaires est l'organisation du réseau hydraulique. La nécessité de se prémunir des inondations récurrentes, la nécessité de drainer pour défricher et cultiver, le souhait de maîtriser les écoulements à son profit en matière de stratégie de défense ont, des siècles durant, amené les hommes à développer une ingénierie de terrassement dont les villes fortifiées, entre autres, témoignent encore de la pertinence (Alcaud *et al.*, 2007). Une deuxième raison majeure de modeler le sol a été l'extraction de matériaux. Les anciennes briqueteries et sablonnières ont laissé des cavités visibles, prises en compte dans les aménagements qui ont suivi. Tandis que les extractions souterraines (craie, charbon, eau) n'ont jamais empêché une cité de s'agrandir, une voie de communication de s'implanter par-dessus. Les problèmes interviennent dès lors que les promoteurs oublient l'histoire du sous-sol, ce qui arrive très vite si l'on en juge par le grand nombre de constructions inappropriées qui ont été bâties. Un troisième impact majeur de l'homme sur les paysages est lié à sa relation à l'eau superficielle qui trahit souvent une ignorance ou un déni des mécanismes élémentaires. Une eau qui coule en surface est une eau qui ne sait pas s'infiltrer, pour diverses raisons : imperméabilité du matériau naturel ou artificiel, trop grande intensité de débit, réseau de drainage sous-dimensionné, nappe d'eau souterraine proche de la surface du sol, envasement conséquent à l'écoulement. La plupart de ces causes sont liées à une intervention humaine : conception inadaptée, sous-évaluation de l'aléa climatique, ...

L'exemple d'épisodes pluvieux intenses comme celui de l'automne 2013 l'illustre bien. Les effets sur les sites habités, qu'il s'agisse des cités bretonnes ou des vallées pyrénéennes, ont été graves et durables. De tels événements ont dû se produire plusieurs fois à l'échelle du millénaire. Mais celui-ci est le premier depuis que nous disposons de moyens de communication qui peuvent en témoigner quasiment en temps réel. Ce qui frappe d'autant plus les imaginations. Au-delà de la composante économique dans la décision, pourquoi le géologue n'a-t-il pas la possibilité de faire valoir qu'un parking souterrain modifie suffisamment l'écoulement souterrain pour engendrer des situations d'inondations ailleurs ? Pourquoi laisse-t-on des agglomérations s'étendre sur des zones à risque, alors qu'une partie serait plus utile en retournant au statut de zone humide ?

Une analyse géologique plus approfondie de l'ensemble du secteur est en cours. Elle intègre les indices révélés par de patientes études des archéologues, historiens, par les observateurs attentifs des premières années d'existence de la Société géologique du Nord, et les croise avec les données accumulées à l'occasion des multiples travaux ayant laissé des traces de données géologiques. Le tout sera discuté dans la dynamique géologique du Mélantais dont Gosselet (1895) avait souligné la singularité.

Le présent article est plutôt centré sur le constat d'une dérive qui tend à minimiser le rôle de la dynamique naturelle du territoire, aussi banal soit-il. Partout l'évolution des comportements et des usages individuels et collectifs induit des modifications dans l'espace et dans le temps, dont l'influence est insuffisamment anticipée. A titre d'exemple, les prélèvements d'eau dans l'aquifère de la craie, depuis le lendemain de la Guerre 14-18, ont été tels que le niveau piézométrique régional a baissé de près de 20 mètres en certains endroits, ainsi qu'en témoigne la disparition de l'artésianisme sur la butte de Bailleul à partir des années 1920, ou de moins de 10 mètres dans le secteur de Lille-Est. En conséquence, de nombreuses ravines se sont trouvées asséchées et la mémoire d'un écoulement d'eau épisodique a disparu. L'urbanisme qui a grignoté ces terrains à peine accidentés, n'a pas perçu ces petites dépressions linéaires comme des obstacles, jusqu'à ce que d'exceptionnelles pluies ne saturent les sols et fassent remonter les nappes, pouvant ponctuellement atteindre le niveau piézométrique historique initial. C'est ainsi qu'entre 1999 et 2001 de nombreuses inondations ont été recensées. La parcelle des Voyettes, à Lesquin, est constituée d'une couche mince (0,50 à 2 m) de colluvions limoneuses à argileuses, directement posée sur la craie. On comprend donc que l'écoulement puisse ne pas y être permanent là où l'infiltration peut être efficace en quelques heures, mais il l'est là où la couche qui recouvre la craie est suffisamment argileuse pour rendre l'infiltration inopérante. Dans l'équation « risque = aléa x vulnérabilité » l'homme n'a pas de prise sur l'aléa qu'est le phénomène naturel. Mais il peut travailler sur la vulnérabilité car c'est lui qui expose ses constructions aux milieux et aux éléments naturels. Réfléchir à cette notion de vulnérabilité est une nécessité individuelle et collective. C'est aussi une question de volonté politique.

**Remerciements.** — Les auteurs remercient Julien PINON, coordonnateur du projet de schéma directeur des eaux à la Ville de Lille pour les avoir autorisés à utiliser des illustrations de l'étude historique préalable. Merci aussi aux personnes qui ont visité le site lors de nombreuses sorties (Société géologique du Nord, Conseil de Développement Lille-Métropole, groupe Prospective du Conseil Régional Nord – Pas-de-Calais), et dont les questions ont conduit à affiner les investigations. Les remerciements vont aussi aux relecteurs : Paul BROQUET, Francis VAN LAETHEM, impatients de découvrir notre analyse géologique dans le prochain article.

## BIBLIOGRAPHIE

- ALCAUD D., DOLPHIN F., FRIGOUT F., ROCHET N., VAN DEN EYDE A., VANDEGHOTE P. & WERT B. (2007). — *Septentrion : villes fortes entre mer du Nord et Meuse ; patrimoine urbain et projets durables*. Somogy Editions d'Art, Paris, 256 p.
- GOSSELET J. (1895). — Cours de Géographie physique du Nord de la France et de la Belgique : V – Mélantois. *Annales de la Société géologique du Nord*, **XII** : 88-103.
- LEMAN P. (1973). — Les ponts de Bouvines. *Bulletin de la Société Historique et Archéologique de Cysoing et de la Pévèle*, **1** : 16-23.
- OLIVIER-VALENGIN E. (2012). — *Atlas historique des cours d'eau lillois*. Ville de Lille : 91 p. [Inédit]
- SANGNIER P., BONTE A., WATERLOT G. & CLEMENT B. (1968). — Carte géologique de Lille à 1 : 50 000 (feuille n°14). BRGM édit, Orléans.
- SOMME J. (1977). — *Les plaines du Nord de la France et leur bordure – Etude géomorphologique*. Thèse Doct. Sci., Université de Paris I (1975). Université de Lille 3 édit. : 810 p.

## REFERENCES DE SITES INTERNET

- <http://www.geoportail.gouv.fr>  
<http://www.sandre.eaufrance.fr/>  
<http://www.vnf.fr>

## ENCROUTEMENTS STROMATOLITHIQUES DANS LE GIVETIEN DE FERQUES, BOULONNAIS, FRANCE

### *Stromatolitic buildups in the Givetian of Ferques area, Boulonnais, France*

par Bruno MISTIAEN (\*) & Benoît L.M. HUBERT (\*\*)

**Résumé.** – La série dévonienne de Ferques est particulièrement riche en niveaux construits par différents organismes. Cette note est consacrée à l'étude de petites constructions stromatolithiques associées à des microconchides de cette série dévonienne (Formation de Blacourt, Membre du Griset, Givetien). L'analyse sédimentologique permet de préciser que la mise en place et le développement de ces petites constructions se sont faits en zone intertidale haute.

**Abstract.** – *The Devonian succession in the Ferques area is particularly rich in levels built by various organisms. This paper is devoted to the study of small constructions consisting of stromatolites associated with microconchids in this Devonian series (Blacourt Formation, Griset Member, Givetian). The sedimentological analysis allows to precise that the settlement and development of these small buildings occurred in high intertidal zone.*

**Mots clés.** – Dynamique sédimentaire, stromatolithe, microconchides, Givetien, Boulonnais.  
**Key words.** – *Sedimentary dynamic, stromatolite, microconchids, Givetian, Boulonnais.*

### I. — INTRODUCTION

Dans le Boulonnais, les formations carbonatées (Formation de Blacourt, Givetien, Formation de Ferques, Frasnien) ou les épisodes calcaires de formations plus détritiques (Membre des Noces de la Formation de Beaulieu, Frasnien) de la série dévonienne (Brice *et al.*, 1979) du massif paléozoïque de Ferques (Fig. 1) présentent de nombreux exemples de développements

de constructions récifales et pararéçifales (Brice & Mistiaen, 1988 ; Pelhâte & Poncet, 1988 ; Mansy *et al.*, 2007 ; Mistiaen, 2007). Les organismes qui interviennent dans ces constructions sont abondants et globalement très diversifiés : coraux rugueux (Rohart, *in* Brice *et al.*, 1976, 1977 ; Rohart, 1988), coraux tabulés (Mistiaen, *in* Brice *et al.*, 1976, 1977 ; Mistiaen, 1988b),

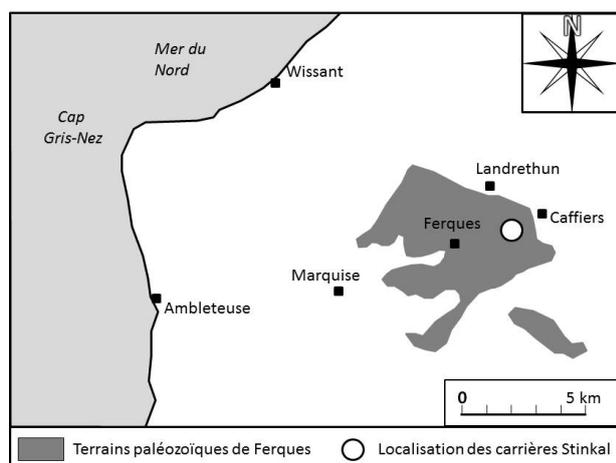


Fig. 1. — Situation du Massif paléozoïque de Ferques, Boulonnais.

Fig. 1. — *Location of the Palaeozoic Ferques Massif, Boulonnais.*

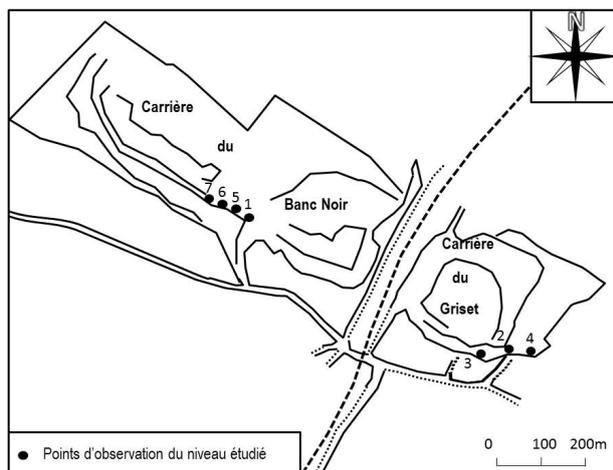


Fig. 2. — Plan des carrières du Banc Noir et du Griset avec localisation des points d'observation du niveau étudié.

Fig. 2. — *Map of the Banc Noir and Griset quarries with location of the points where the studied level was observed.*

(\*) Groupe ISA, 48 Boulevard Vauban, 59046 Lille cedex ; e-mail : bruno.mistiaen@isa-lille.fr

(\*\*) Faculté des Sciences et Technologies, 41 rue du Port. 59016 Lille cedex ; e-mail : benoit.hubert@icl-lille.fr

stromatopores (Mistiaen, *in* Brice *et al.*, 1976, 1977 ; Mistiaen, 1980, 1988a), mais aussi bryozoaires (Bigey, *in* Brice *et al.*, 1976, 1977 ; Bigey, 1988), algues (Poncet, *in* Brice *et al.*, 1977), stromatolithes, lophophorates microconchides (ex-annélides)... Toutefois les constructions dues à des stromatolithes sont généralement oligospécifiques. Certaines d'entre elles ont déjà fait l'objet d'études détaillées (Mistiaen & Poncet 1983a-b, 1989).

Le développement de l'ensemble de ces constructions s'effectue pratiquement toujours selon la même logique : mise en place d'un substrat relativement stable, voire induré, constitué d'une accumulation de particules sédimentaires grossières (fragments de coquilles de brachiopodes, d'articles de crinoïdes, de galets mous ovoïdes micritiques, de galets calcaires remaniés...), formant dans la quasi-totalité des cas observés un léger relief ; sur ce substrat, devenu favorable à leur implantation, des organismes constructeurs viennent se fixer.

## II. — HISTORIQUE

Le niveau étudié dans cet article a été repéré par l'un de nous (B.M.), en six endroits des carrières du Griset et du Banc Noir, sur une distance totale d'environ un kilomètre (Fig. 2-3). Il a été observé et échantillonné pour la première fois en 1974, près de l'ancienne entrée sud-est (Fig. 2-3, point 2) et sur la paroi sud (Fig. 2-3, point 3) de la carrière du Griset. Il a été retrouvé en 1978 sur la paroi est de cette même carrière (Fig. 2-3, point 4). Par la suite il a été à nouveau observé, en 1988, en plusieurs endroits le long d'un chemin d'accès creusé à l'époque dans le prolongement occidental de la carrière du Banc Noir (Fig. 2-3, point 5, 6, 7). Un levé antérieur, effectué en 1973, n'avait pas permis de le repérer sur la paroi ouest de la carrière du Banc Noir

(Fig. 2-3, point 1) ; il est possible que le niveau stromatolithique n'existe pas en cet endroit mais il est plus probable que, lors du levé, il soit passé inaperçu. Ce niveau a été signalé et brièvement décrit (Brice & Mistiaen, 1988 ; Mistiaen, 1988c, 2007, = n° 6 ; Mistiaen *et al.*, 2011, 2012 ; Pelhâte & Poncet, 1988, = niveau L). Actuellement les affleurements de ce niveau dans la carrière du Griset ont disparu, ceux de la carrière du Banc Noir, situés à mi-hauteur sur la paroi sud de la carrière, sont inaccessibles.

## III. — DESCRIPTION DU NIVEAU ET DE SES CONSTITUANTS

Le niveau stromatolithique étudié se situe vers le milieu du terme f du Membre du Griset de la Formation de Blacourt (Brice & Mistiaen, 1988), à environ 131 m au-dessus de la base visible de cette formation. Il correspond à la partie supérieure d'un petit banc calcaire, épais de 0,35 m (Fig. 4) qui présente en surface de nombreuses et larges ondulations correspondant aux dômes stromatolithiques (Pl. I : 1). La presque totalité de ce banc est constituée d'éléments remaniés irréguliers de calcaire micritique renfermant quelques oolithes. Dans la partie tout à fait supérieure, on observe un conglomérat de galets aplatis, de taille très variable (centimétriques à pluridécimétriques). Ces galets sont essentiellement constitués de calcaire oolithique (oosparite et pelsparite), à stratifications obliques entrecroisées (Pl. I : 3-4), et peuvent aussi contenir quelques petits galets mous, de nature micritique et de taille plurimillimétrique à centimétrique. On note, au sein des galets, des variations dans la taille des oolithes, les plus grosses atteignant le millimètre de diamètre, et une alternance de fins dépôts d'oolithes plus grossières, d'autres plus fines, et de péloïdes. Les oolithes possèdent très majoritairement un large nucléus et une structure périphérique

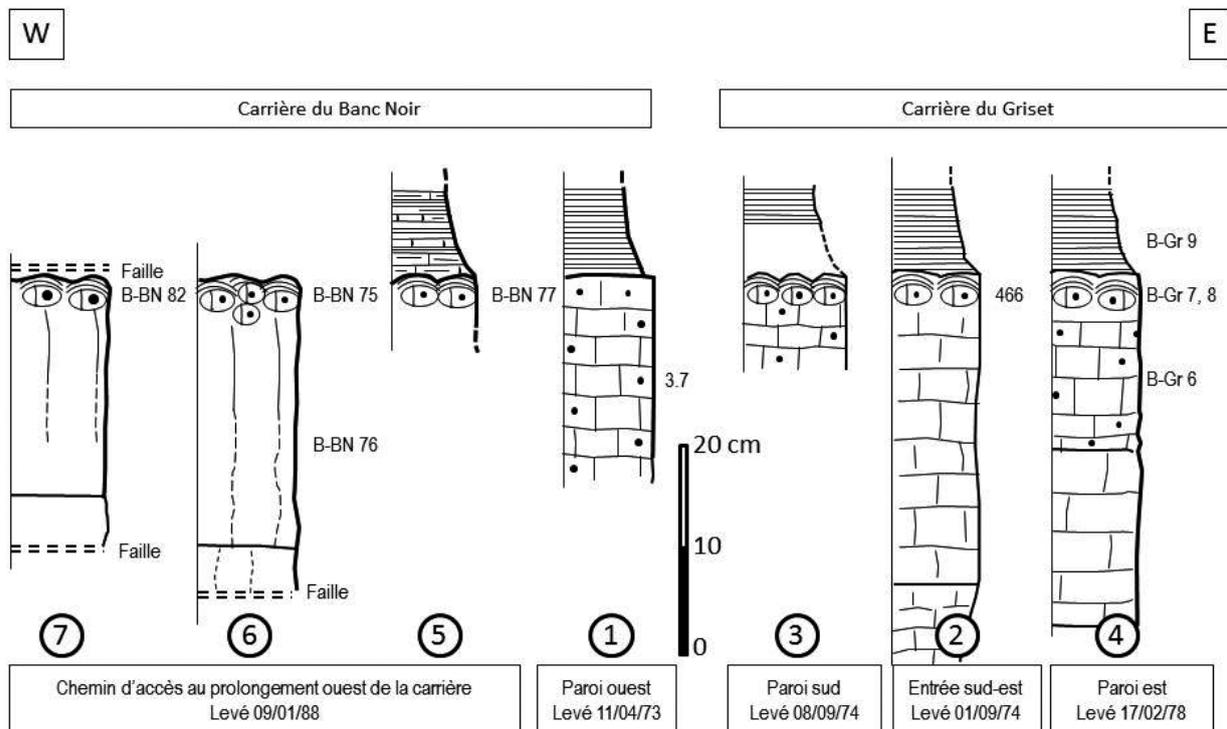


Fig. 3. — Détail de la série aux points d'observation du niveau stromatolithique dans les carrières du Banc Noir (points 5, 6 et 7) et du Griset (points 2, 3 et 4).

Fig. 3. — Detail of the succession in the locations where the stromatolitic level was observed in the Banc Noir (points 5, 6 and 7) and Griset quarries (points 2, 3 and 4).

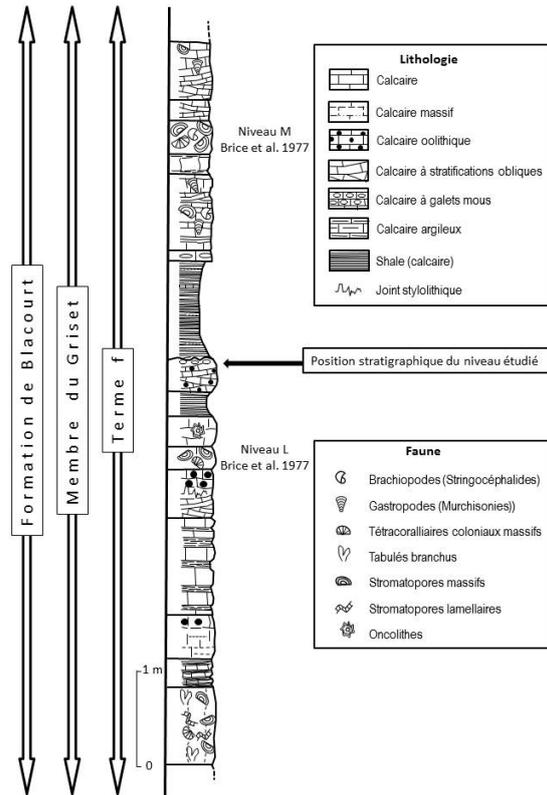


Fig. 4. — Position stratigraphique du niveau stromatolithique.

Fig. 4. — Stratigraphical location of the stromatolitic level.

radiaire et fibreuse. Elles sont auréolées d'un ciment de calcite de type « dogtooth » plus ou moins isopaque (Pl. I : 5). Les espaces restants sont remplis d'un ciment de calcite granulaire.

En lame mince on peut voir que certaines des oolithes, situées sur le pourtour des galets, sont tronquées (Pl. I : 6). On observe aussi une légère micritisation périphérique des galets. Ces galets servent de support au développement d'encroûtements stromatolithiques laminaires dont l'épaisseur totale peut varier

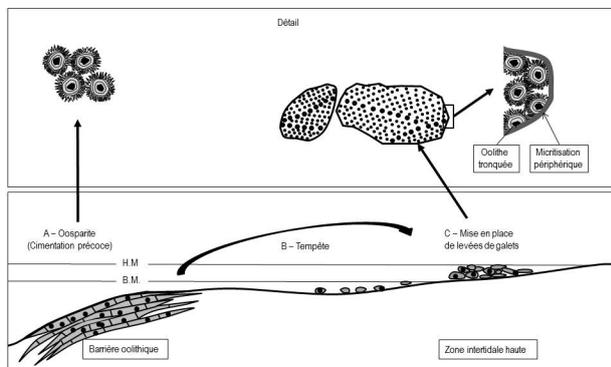


Fig. 5. — Schéma interprétatif de la mise en place de la levée de galets servant de support au développement des stromatolithes.

Fig. 5. — Interpretative scheme for the settlement of a pebble edge acting as a support for the stromatolite development.

de 2,5 à 5 cm. Ces encroûtements se poursuivent parfois sur les côtés des galets, en s'amenuisant, et peuvent les enrober partiellement. Les encroûtements stromatolithiques peuvent être constitués au total d'une trentaine de laminations successives, voire plus, généralement d'aspect plus ou moins hétérogène, claires et plutôt granuleuses dans leur majeure partie et comportant une zone plus compacte et sombre à leur sommet. Cette succession de laminations est parfois interrompue par de petits dépôts micritiques contenant quelques oolithes, localement accompagnées de structures spongiomorphes. Presque toujours associé aux laminations et situé systématiquement à leur base, on observe un alignement de petits cristaux aux contours parfois anguleux mais plus souvent d'allure noduleuse, probablement d'anhydrite épigénisée en calcite (Pl. I : 7). Ces cristaux présentent des sections très irrégulièrement rectangulaires ou carrées, de taille millimétrique et sont parfois anastomosés les uns aux autres latéralement. Localement quelques bioclastes (valves d'ostracodes), quelques oolithes et de rares quartz (silts) sont observés sur les couches stromatolithiques ou se retrouvent dans de petits dépôts lenticulaires micritiques, de taille centimétrique, souvent partiellement dolomités, piégés dans les creux des ondulations stromatolithiques.

Préférentiellement fixés sur les parties sommitales des ondulations stromatolithiques, on observe (Pl. I : 8) des organismes spirorbiformes (*Microconchida* Weedon, 1991) longtemps considérés comme des vers (*Spirorbis*) ou encore rapprochés de mollusques gastropodes mais qu'il convient en fait de rattacher à un ordre éteint de probables lophophorates (P.D. Taylor, com. pers. ; Taylor & Vinn, 2006). Ces coquilles sont localement très abondantes (Pl. I : 2), on peut en dénombrer au maximum jusqu'à une douzaine par cm<sup>2</sup> ; en section elles apparaissent distantes de 1 à 5 mm. Elles présentent un enroulement dextre (horaire). La largeur (diamètre) de ces coquilles observées en lames minces, varie généralement de 2,5 à 3 mm mais peut atteindre 4 mm, et leur hauteur varie de 1 à 1,3 mm. L'épaisseur de la coquille est en moyenne de 60 μm mais peut varier de 20 à 150 μm. Sur certaines coquilles on observe de petites expansions latérales qui semblent correspondre à des bourrelets de croissance. Les coquilles de microconchides présentent le plus souvent un remplissage, partiel ou total, de micrite ; on y trouve aussi parfois quelques oolithes. Les niveaux à microconchides sont généralement recouverts de dépôts micritiques assez irrégulièrement répartis, mis en place avant le développement de nouvelles laminations stromatolithiques. Il faut encore noter que si les microconchides sont très majoritairement fixés sur les laminations stromatolithiques, quelques-uns le sont parfois directement sur la surface des galets. Le niveau stromatolithique dans son ensemble est complètement recouvert par un dépôt argilo-silteux rougeâtre.

Les différentes étapes reconnues sont : 1- le développement des laminations stromatolithiques à la base desquelles se développent des alignements de cristaux d'anhydrite postérieurement épigénisés en calcite ; 2- l'incrustation épisodique de la surface des laminations stromatolithiques par des microconchides ; 3- le dépôt de nature micritique (Pl. I : 9).

#### IV. — EVOLUTION SEDIMENTOLOGIQUE ET INTERPRETATION DU MILIEU DE DEPOT

Les observations précédentes permettent d'interpréter comme suit l'installation et le développement de ce petit niveau construit, de nature essentiellement stromatolithique (Fig. 5). La première étape consiste en la mise en place d'un substrat favorable

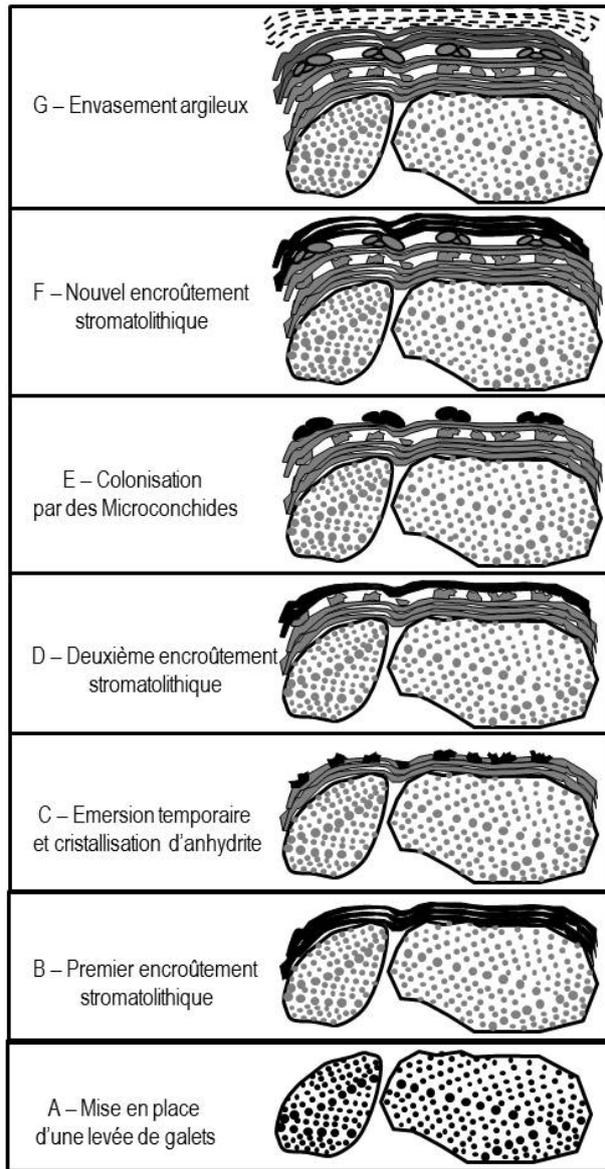


Fig. 6. — Etapes successives du développement des stromatolithes, de niveaux évaporitiques et de la colonisation par les microconchides.

Fig. 6. — Successive steps of stromatolite development, evaporitic levels, and colonization by microconchids.

à son développement (levée de galets de calcaire oolithique) ; elle nécessite la proximité d'une barrière oolithique localisée un peu plus vers le large (dans le cas présent, plus au sud). Une consolidation précoce de ce dépôt oolithique par le ciment de calcite isopaque de type « dogtooth » (Pl.I : 5) est nécessaire, pour permettre ensuite son remaniement en galets (Fig. 6A) ; les oolithes tronquées observées sur le pourtour des galets en témoignent, tout comme la micritisation qui affecte la périphérie des galets. Il semble évident que le dépôt de galets s'est fait en zone intertidale haute permettant alors le développement d'un premier encroûtement stromatolithique (Fig. 6B). Ensuite, lors de phases d'émersions temporaires et répétées, la cristallisation d'évaporites (petits cristaux d'anhydrite, Poncet *in* Brice *et al.*, 1977) a pu s'effectuer au sein de la lamination stromatolithique (Fig. 6C) rapidement recouverte par un nouvel encroûtement stromatolithique (Fig. 6D). Episodiquement, la colonisation des

surfaces stromatolithiques par des microconchides (Fig. 6E) a pu se réaliser, ces derniers étant à leur tour recouverts par de nouveaux encroûtements stromatolithiques (Fig. 6F).

Ces encroûtements qui se prolongent sur les côtés des galets et les enrobent partiellement, témoignent d'une mise en place très rapide des stromatolithes. Par ailleurs, la morphologie des encroûtements stromatolithiques en dômes très aplatis laisse à penser que leur développement s'est effectué sous une très faible tranche d'eau. La présence de microconchides spirorbiformes (Fig. 6E) corrobore cette interprétation ; en effet, ce groupe se rencontre fréquemment dans les environnements marins schizohalins, saumâtres ou d'eau douce (Taylor & Vinn, 2006). Le dépôt argilo-silteux rougeâtre (Fig. 6F) met fin au développement des stromatolithes.

L'empilement des couches stromatolithiques, caractérisées par des bandes claires granuleuses surmontées par un liseré sombre, pourrait correspondre à des rythmes journaliers (diurne – nocturne). Par contre la cristallisation d'anhydrite au sein des zones claires stromatolithiques serait davantage corrélable avec des rythmes tidaux et donc des périodes d'hyper-salinité liées à une tranche d'eau extrêmement faible soumise à l'évaporation lors des marées basses. Par contre, c'est de façon non périodique (indépendante du rythme journalier ou de celui des marées) que les conditions deviennent favorables à l'installation de microconchides. Ces épisodes propices pourraient s'interpréter comme la conséquence de modification de la salinité par arrivée importante d'eau douce (hypo-salinité en zone estuarienne et en période pluvieuse). Plusieurs auteurs (Zaton *et al.*, 2012, 2014b ; Zaton & Peck, 2013) ont signalé des microconchides d'eau douce dont l'installation et le développement s'effectuent très rapidement (Zaton *et al.*, 2012) ce qui est manifestement le cas en ce qui concerne le niveau étudié. Ces données corroborent parfaitement l'interprétation de Poncet & Pelhâte (1988) concernant ces encroûtements stromatolithiques à microconchides (niveau L) qu'ils font correspondre au sommet d'une séquence régressive de troisième ordre. Enfin, il convient de souligner que si le niveau a été observé en six endroits des carrières du Griset et du Banc Noir (Fig. 2), sur une distance totale de l'ordre du kilomètre, il ne présente pas de variation latérale notable. Il est possible de suggérer une orientation parallèle au paléo- trait de côte, à l'époque givétienne, grossièrement orienté ouest-est, indépendamment de toute modification rotationnelle de nature tectonique.

## V. — CONCLUSION

Dans ce travail des précisions lithologiques sont apportées sur un petit niveau stromatolithique du Boulonnais (Membre du Griset, Formation de Blacourt) qui avait déjà été signalé à plusieurs reprises mais n'avait pas fait l'objet d'analyse détaillée. Cette analyse montre que le développement des microconchides obéit à une autre logique (variation de salinité) que celle qui régit la croissance des laminations stromatolithiques à la surface desquelles ils sont installés (rythme diurne-nocturne et/ou rythme des marées).

Des microconchides sont aussi présents dans d'autres niveaux des terrains dévoniens du Massif de Ferques ; ils ont été précédemment décrits sous le nom de *Spirorbis* (Mistiaen & Poncet, 1983 a, b, 1989 ; Brice & Mistiaen, 1988 ; Mistiaen *et al.*, 2012). S'ils sont parfois associés à d'autres dépôts de nature stromatolithique, ils se présentent aussi fixés en épibiontes sur divers organismes (brachiopodes, coraux) mais dans ce cas, ils sont nettement plus rares. Incontestablement leur abondance dans ce niveau corrobore le fait que ce sont des organismes opportunistes (Zaton *et al.*, 2012). Dans les environnements

marins marginaux ou d'eau douce, peu favorables à l'établissement d'autres organismes, ils peuvent effectivement coloniser les surfaces et s'y développer rapidement. Ce groupe d'organismes, anciennement confondus avec les annélides polychètes (*Spirorbis*), s'est en fait développé de l'Ordovicien au Jurassique moyen (Vinn & Mutvei, 2009).

**Remerciements.** — Les auteurs tiennent à remercier les personnes qui leur ont apporté des informations lors de la préparation de ce travail, notamment : le Docteur Paul D. Taylor, du Natural History Museum de Londres, pour ses informations sur les microconchides, le Docteur Denise Brice pour son aide

et ses remarques constructives et Monsieur Christian Loones, notamment pour son aide sur le terrain. Les personnes qui ont relu ce travail, le Professeur Frédéric Boulvain de l'Université de Liège et le Docteur Rémy Gourvenec, de l'Université de Bretagne occidentale, ainsi que le Docteur Alain Blicq, de l'Université de Lille 1, Directeur de la Publication SGN, ont notablement enrichi ce travail par leurs remarques constructives, qu'elles en soient vivement remerciées. Nos sincères remerciements s'adressent aussi au Directeur ainsi qu'à l'ensemble du personnel de la société Stinkal, pour leur accueil lors des visites sur le terrain dans les carrières du Griset et du Banc Noir.

## BIBLIOGRAPHIE

- BIGEY F. (1988). — Bryozoaires du Givétien et du Frasnien de Ferques (Boulonnais - France). In BRICE D. (ed.), *Le Dévonien de Ferques, Bas-Boulonnais* (N. France). *Biostratigraphie du Paléozoïque*, **7** : 297-322.
- BRICE D., BIGEY F., MISTIAEN B., PONCET J. & ROHART J.-C. (1977). — Les organismes constructeurs (Algues, Stromatopores, Rugueux, Tabulés, Bryozoaires) dans le Dévonien de Ferques (Boulonnais - France). Associations - Répartition stratigraphique. *Mémoire de la B.R.G.M.*, **89** : 136-151.
- BRICE D., BULTYNCK P., COLBEAUX J.-P., LETHIERS F., MISTIAEN B., ROHART J.-C. & BIGEY F. (1976). — Une nouvelle coupe dans le Dévonien de Ferques (Boulonnais, France). *Annales de la Société géologique du Nord*, **96** : 135-155.
- BRICE D., COLBEAUX J.-P., MISTIAEN B. & ROHART J.-C. (1979). — Les Formations dévoniennes de Ferques (Bas-Boulonnais, France). *Annales de la Société géologique du Nord*, **98** : 307-324.
- BRICE D. & MISTIAEN B. (1988). — Description stratigraphique de la Formation de Blacourt, Givétien de Ferques (Boulonnais - France). In BRICE D. (ed.), *Le Dévonien de Ferques, Bas-Boulonnais* (N. France). *Biostratigraphie du Paléozoïque*, **7** : 44-64.
- MANSY J.-L., GUENOC P., ROBASYNSKI F., AMEDRO F., AUFFRET J.-P., VIDIER J.-P., LAMARCHE J., LEFEVRE D., SOMME J., BRICE D., MISTIAEN B., PRUD'HOMME A., ROHART J.-C. & VACHARD D. (2007). — *Notice explicative - Carte géologique de la France (1/50 000), feuille de Marquise* (seconde édition) (5), B.R.G.M. édit., Orléans : 1-213.
- MISTIAEN B. (1980). — Stromatopores du Givétien de Ferques (Boulonnais, France). *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, 4<sup>e</sup> série, **2**, section C (3) : 167-257.
- MISTIAEN B. (1988a). — Stromatopores du Givétien et du Frasnien de Ferques (Boulonnais - France). In BRICE D. (ed.), *Le Dévonien de Ferques, Bas-Boulonnais* (N. France). *Biostratigraphie du Paléozoïque*, **7** : 163-195.
- MISTIAEN B. (1988b). — Tabulés Auloporida du Givétien et du Frasnien de Ferques (Boulonnais - France). In BRICE D. (ed.), *Le Dévonien de Ferques, Bas-Boulonnais* (N. France). *Biostratigraphie du Paléozoïque*, **7** : 197-230.
- MISTIAEN B. (1988c). — Développement et dynamique récifale : exemple d'une construction algairale du Givétien de Ferques Boulonnais France. In : 12<sup>e</sup> Réunion des Sciences de la Terre (Lille). Société géologique de France édit., Paris : 98.
- MISTIAEN B. (2007). — Givetian coral-stromatoporoid and algal-sponge-worm buildup, Boulonnais, France. In : VENNIN E., ARETZ M., BOULVAIN F. & MUNNECKE A. (eds), *Facies from Palaeozoic reefs and accumulations. Mémoire du Muséum national d'Histoire naturelle*, **195** : 195-197.
- MISTIAEN B., BRICE D., HUBERT B.L.M. & LOONES C. (2011). — Classical Devonian and Carboniferous sites in Ferques area, Boulonnais, Northern France. In: ARETZ M. & POTY E. (eds.), 11<sup>th</sup> Symposium on Fossil Cnidaria and Sponges (Liège, August 19-29, 2011). Field Guides. *Kölner Forum Geol. Paläont.*, **20** : 51-98
- MISTIAEN B., BRICE D., ZAPALSKI M.K. & LOONES C. (2012). — Brachiopods and their Auloporid Epibionts in the Devonian of Boulonnais (France): Comparison with other associations globally. In: TALENT J.A. (ed.), *Earth and Life, Global Biodiversity, Extinction Intervals and Biogeographic Perturbations Through Time*. Springer Verlag, Dordrecht : 155-188.
- MISTIAEN B. & PONCET J. (1983a). — Stromatolithes, Serpulidés et *Trypanopora* (Vers ?), associés dans de petits biohermes givétiens du Boulonnais (France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **41** : 125-138.
- MISTIAEN B. & PONCET J. (1983b). — Evolution sédimentologique de petits biohermes à Stromatolithes et Vers dans le Givétien de Ferques, Boulonnais. *Annales de la Société géologique du Nord*, **102** : 205-216.
- MISTIAEN B. & PONCET J. (1989). — Biosedimentological evolution of a stromatolitic buildup in the Formation de Blacourt (Givetian), Boulonnais, northern France. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists*, **8** : 413-423.
- PELHÂTE A. & PONCET J. (1988). — Evolution sédimentaire de la Formation de Blacourt (Givétien de Ferques - Boulonnais). In : BRICE D. (ed.), *Le Dévonien de Ferques, Bas-Boulonnais* (N. France). *Biostratigraphie du Paléozoïque*, **7** : 25-35.
- ROHART J.-C. (1988). — Rugueux givétiens et frasnien de Ferques (Boulonnais - France). In : BRICE D. (ed.), *Le Dévonien de Ferques, Bas-Boulonnais* (N. France). *Biostratigraphie du Paléozoïque*, **7** : 231-296.
- TAYLOR P.D. & VINN O. (2006). — Convergent morphology in small spiral worm tubes ('*Spirorbis*') and its palaeoenvironmental implications. *Journal of the Geological Society*, **163** : 225-228.
- VINN O. & MUTVEI H. (2009). — Calcareous tubeworms of the Phanerozoic. *Estonian Journal of Earth Sciences*, **58** (4) : 286-296.
- WEEDON M.J. (1991). — Microstructure and affinity of the enigmatic tubular fossil *Trypanopora. Lethaia*, **24** : 223-227.
- WILSON M.A., VINN O. & YANCEY T.E. (2011). — A new microconchid tubeworm from the Arstinskian (Lower Permian) of central Texas, USA. *Acta Palaeontologica Polonica*, **56** (4) : 785-791.
- ZATON, M., VINN O. & TOMESCU A.M.F. (2012). — Invasion of freshwater and variable marginal marine habitats by microconchid tubeworms – an evolutionary perspective. *Geobios*, **45** : 603-610.

ZATON M. & PECK R.L. (2013). – Morphology and palaeoecology of new, non-marine microconchid tubeworm from Lower Carboniferous (Upper Mississippian) of West Virginia, USA. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, **83** : 37-50.

ZATON M., HAGDORN H. & BORSZCZ T. (2014a). – Microconchids of the species *Microconchus valvatus* (Münster in Goldfuss, 1831)

from the Upper Muschelkalk (Middle Triassic) of Germany. *Paleobiology Palaeoenvironment*, **94** : 453-461.

ZATON L., GREY M. & VINN O. (2014b). – Microconchid tubeworms (Class Tentaculita) from the loggins Formation (Pennsylvanian), Nova Scotia, Canada. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, **51** (7) : 669-676.

EXPLICATIONS DE LA PLANCHE I  
EXPLANATIONS OF PLATE I

1. — Vue d'ensemble du niveau stromatolithique. Echantillon B-BN 82 = GFCL 2251.

1. — Overview of the stromatolite level. Sample B-BN 82 = GFCL 2251.

2. — Surface supérieure d'un dôme stromatolithique. La flèche noire indique les tubes spiralés de microconchides. Echantillon B-Gr8.5 = GFCL 2249.

2. — Stromatolite upper surface. Black arrow indicates spiral tubes of microconchids. Sample B-Gr8.5 = GFCL 2249.

3. — Section polie d'une structure bioconstruite mettant en évidence le recouvrement stromatolithique des galets oolithiques. Echantillon B-Gr8.5 = GFCL 2249.

3. — Polish section of buildups showing the stromatolite layers covering the oolitic pebbles. Sample B-Gr8.5 = GFCL 2249.

4. — Galet oolithique en lame mince ; les flèches blanches indiquent les stratifications obliques. Echantillon 466.1 = GFCL 2247 [barre d'échelle = 1 mm].

4. — Oolitic pebble in thin section; white arrows indicate oblique stratification. Sample 466.1 = GFCL 2247 [scale bar = 1 mm].

5. — Ciment de calcite isopaque de type « dent de chien » développé autour des oolithes. Echantillon B-Gr8.9 = GFCL 2250 [barre d'échelle = 0,25 mm].

5. — Isopaque calcite cement, « dogtooth » type, around the oolites. Sample B-Gr8.9 = GFCL 2250 [scale bar = 0.25 mm].

6. — Oolithe tronquée à la périphérie d'un galet. Echantillon B-Gr7.2 = GFCL 2248 [barre d'échelle = 0,25 mm].

6. — Truncated oolite at the periphery of pebble. Sample B-Gr7.2 = GFCL 2248 [scale bar = 0.25 mm].

7. — Croissance de cristaux d'anhydrite dans les laminations stromatolithiques. Echantillon 466.1 = GFCL 2247 [barre d'échelle = 0,25 mm].

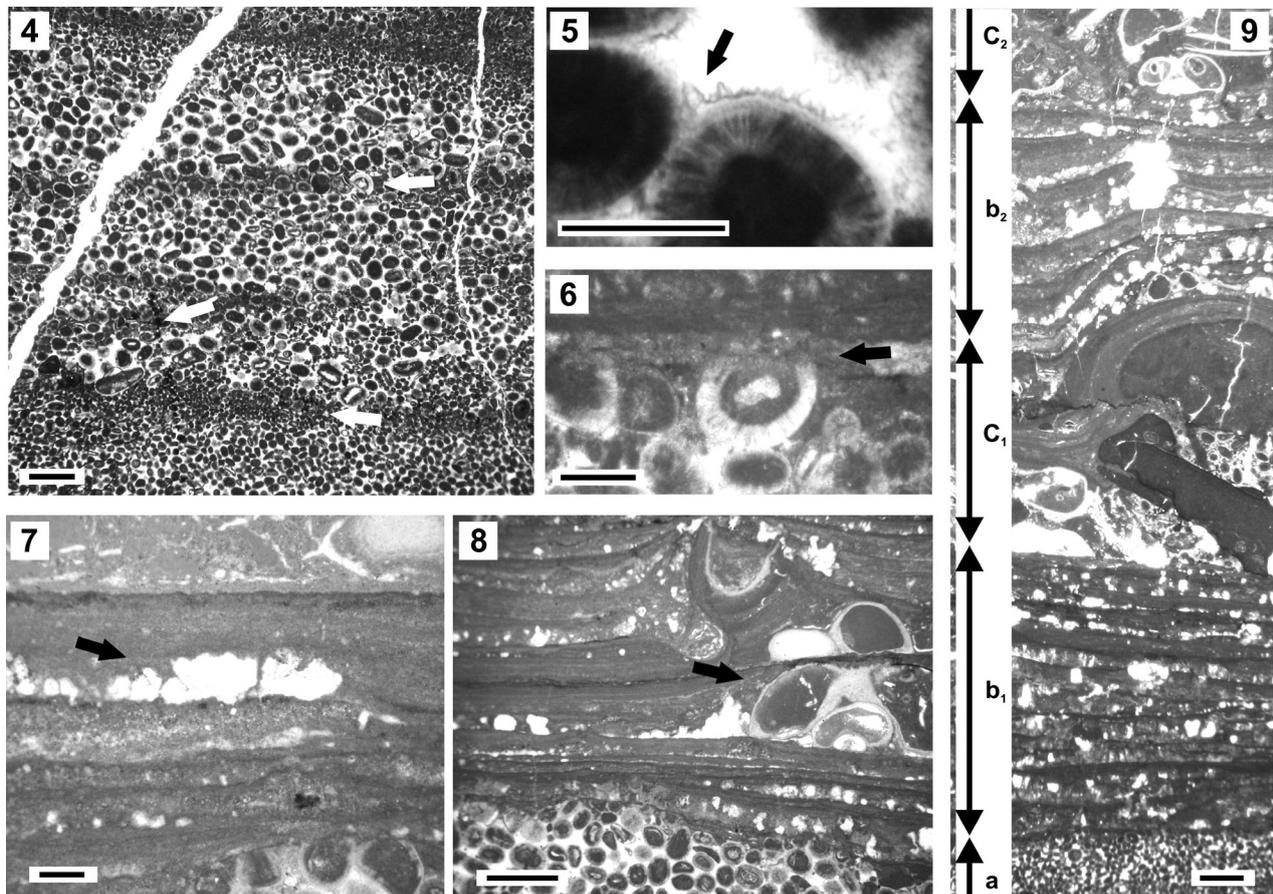
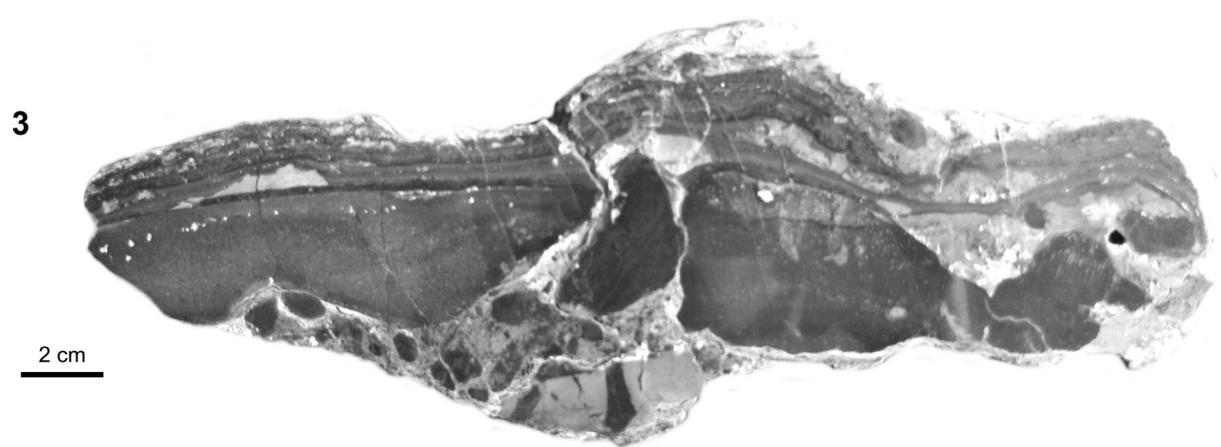
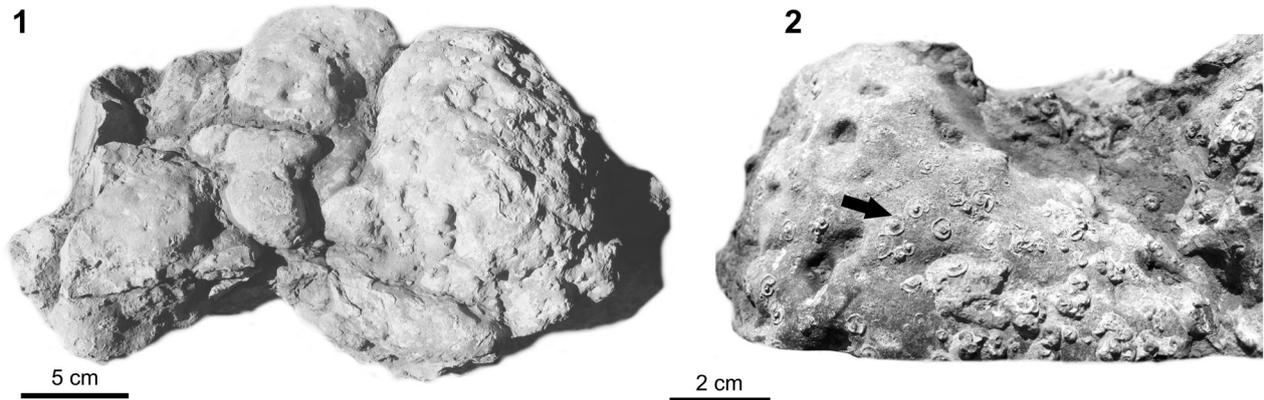
7. — Anhydrite crystals in stratified stromatoliths. Sample 466.1 = GFCL 2247 [scale bar = 0.25 mm].

8. — Encroûtement de microconchides au sein des laminations stromatolithiques. Echantillon 466.1 = GFCL 2247 [barre d'échelle = 1 mm].

8. — Microconchid encrustment in stratified stromatoliths. Sample 466.1 = GFCL 2247 [scale bar = 1 mm].

9. — Stades de croissance de la structure construite sur le galet oolithique (a) montrant l'alternance de couches stromatolithiques (b1 et b2) et d'encroûtements de microconchides (c1 et c2). Echantillon B-Gr8.9 = GFCL 2250 [barre d'échelle = 1 mm].

9. — Growth stages of the buildups on the oolitic pebbles (a) showing alternation of stromatolitic layers (b1 and b2) and coated microconchids (c1 and c2). Sample B-Gr8.9 = GFCL 2250 [scale bar = 1 mm].



## Mémoire n° XVII – La Société géologique du Nord et l'histoire des sciences de la Terre dans le nord de la France

*The Société géologique du Nord and history of Earth Sciences in northern France*

La Société géologique du Nord, éditeur depuis 1870, a publié entre 1876 et 1983 vingt-cinq *Mémoires* réunis en seize tomes. Ceux-ci traitent de sujets de géologie sédimentaire, allant de la description de terrains du Paléozoïque-Mésozoïque-Cénozoïque à la géologie appliquée, en passant par la paléontologie, la pétrographie sédimentaire, le Quaternaire, et même la préhistoire. Avec ce tome XVII, la SGN reprend la publication des *Mémoires* sur un sujet nouveau : l'histoire de la Société et celle de sa discipline dans le contexte du Nord – Pas-de-Calais et des régions franco-belges environnantes. Ce *Mémoire* XVII (**parution prévue fin 2014**) retrace les 143 années de la SGN en relation avec les entreprises industrielles, les associations et les institutions régionales.



© Alain Trentesaux 2006

### Sommaire / Contents

La Société géologique du Nord et les sciences de la Terre dans le nord de la France : science, industrie et société.  
Les dix premières années de la SGN et sa place dans la société en cours d'industrialisation du XIXe siècle.  
Les financements de la Faculté des sciences de Lille par les compagnies minières : un simple échange de bons procédés ?  
Le rôle des ingénieurs des mines dans la vie industrielle, scientifique et sociale : l'exemple de Félix Broussier (1874 - 1938).  
Plus d'un siècle de femmes à la Société géologique du Nord : un reflet de leur place dans l'enseignement supérieur et la recherche française.  
Le laboratoire de Géologie, la Société géologique du Nord et le Musée d'histoire naturelle de Lille – Souvenirs d'un étudiant de géologie à Lille pendant l'Occupation (mai 1940 - juin 1944).  
René Marlière (1905 – 1993), président de la Société géologique du Nord en 1955 et professeur de géologie à la Faculté polytechnique de Mons (Belgique), 1928-1970.  
La Société géologique du Nord et le Tunnel sous la Manche : une petite histoire commune.  
La Société géologique en 1960 – une évocation personnelle.  
La période dinaro-hellénique de la Société géologique du Nord.  
D'une présidence à l'autre (1971 – 1996-97) : l'un des objectifs de la Société géologique du Nord évolue vers la sauvegarde du patrimoine.  
Le rôle de la Société géologique du Nord et de ses publications dans l'évolution des connaissances sur le Quaternaire.  
Les peintures murales de l'Institut des sciences naturelles à Lille, un patrimoine géologique à préserver.  
La bibliothèque recherche des sciences de la Terre de l'Université de Lille au fil du temps : historique du patrimoine, un fonds au service de la communauté scientifique.  
Le département de géologie du Musée d'Histoire naturelle de Lille, des collections à l'image de l'histoire géologique régionale.

### Commande / Order

Société Géologique du Nord, à l'attention du Directeur de la publication  
c/o Université Lille 1 – Sciences et technologies, UFR Sciences de la Terre (SN5)  
F-59655 Villeneuve d'Ascq cedex (France)  
E-mail : [sgn-edition@univ-lille1.fr](mailto:sgn-edition@univ-lille1.fr)  
Tél. : 03 20 43 41 40 / +33 (0)3 20 43 41 40  
**Prix / Price** : en souscription 30 € TTC, en vente publique après parution 40 € TTC

## LE VOLCANISME DOMEEN DU NEOPROTEROZOÏQUE TERMINAL DE LA BOUTONNIERE D'AÏT SAWN (ANTI-ATLAS ORIENTAL, MAROC)

### *The Late Neoproterozoic dome-type volcanism from the Aït Sawn inlier (eastern Anti-Atlas, Morocco)*

par Rachid ZAHOUR (\*), Ghalem ZAHOUR (\*), Abou Hamath SY (\*), Zouhir BAROUDI (\*), Hassan EL HADI (\*)  
& Youssef ZERHOUNI (\*)

**Résumé.** – L'étude lithostratigraphique et pétrographique du volcanisme du Néoproterozoïque terminal de la boutonnière d'Aït Sawn (Anti-Atlas oriental, Maroc) a permis de distinguer trois épisodes magmatiques. Les coulées basiques représentent le premier épisode volcanique reconnu dans ce secteur. Le second est matérialisé par des coulées andésitiques qui font suite à une période de sédimentation détritique marquant un arrêt temporaire du volcanisme. Le troisième épisode correspond à des émissions acides marquées par la mise en place de laves rhyolitiques, de projections violentes (ignimbrites) ainsi que de filons rhyolitiques. L'étude volcanologique nous a permis de mettre en évidence des appareils volcaniques de type central et fissural qui ont servi de voies d'alimentation du volcanisme étudié. Les premiers sont représentés par des cumulo-dômes et des dômes-coulées ignimbritiques, tandis que les seconds s'expriment sous forme d'un volcan fissural effusif avec émissions de coulées basiques et andésitiques ainsi que des filons rhyolitiques. Ces appareils volcaniques bordent deux générations de failles volcano-tectoniques orientées N60 et N140 héritées vraisemblablement du socle protérozoïque. Ces accidents tectoniques auraient joué tardivement vraisemblablement lors de l'orogénèse hercynienne et/ou atlasique. Ils auraient probablement guidé le volcanisme du secteur comme en témoigne la relation spatiale entre ces failles et les édifices volcaniques. L'activité volcano-tectonique semble être rattachée à un épisode d'extension crustale régionale finiproterozoïque.

**Abstract.** – *The lithostratigraphic and petrographic study of the Late Neoproterozoic volcanism from the Aït Sawn inlier (Eastern Anti-Atlas, Morocco) allows us to recognize three magmatic episodes. The mafic flows represent the first recognized volcanic episode in this area. The second episode consist of andesitic flows that follow a detrital sedimentation period indicating a temporary volcanic activity cessation. The third volcanic event comprises felsic emissions marked by the establishment of rhyolitic lavas, violent projections (ignimbrites) and the felsic dykes. The volcanological study allowed us to differentiate central and fissural type volcanic edifices which can be considered to be the feeders for the eruptions. The first are represented by ignimbritic cumulo-domes and flow-dome, while the second is displayed by fissural-type volcanos with mafic and andesitic flows and rhyolitic dykes. These volcanic edifices match two generations of volcano-tectonic faults oriented N60 and N140 probably inherited from the Proterozoic basement. These tectonic faults have been probably reworked later during the Hercynian and / or the Atlasic events. They probably guided volcanism as evidenced by the spatial relationship between these faults and volcanic edifices. The volcano-tectonic activity seems to be related to a Late Proterozoic regional crustal extension.*

**Mots clés.** – Anti-Atlas oriental, Aït Sawn, Néoproterozoïque terminal, dômes volcaniques, failles volcanotectoniques.  
**Key words.** – *Eastern Anti-Atlas, Aït Sawn, Late Neoproterozoic, volcanic domes, volcanotectonic faults.*

### I. — INTRODUCTION

Le domaine de l'Anti-Atlas, situé sur la bordure septentrionale du craton ouest-africain, appartient à la ceinture orogénique panafricaine (Hefferan *et al.*, 1992 ; Thomas *et al.*, 2002). Il constitue un segment de la chaîne panafricaine où les terrains précambriens affleurent dans des boutonnières disposées suivant une direction globale NE-SW (Fig. 1), résultat de l'érosion combinée à des effets d'évènements tectoniques compressifs et extensionnels.

La boutonnière précambrienne d'Aït Sawn, située à 40 km au sud-est de la ville d'Ouarzazate (Fig. 2A) et à 45 km au nord-ouest de Zagora, appartient au massif de Saghro (Fig. 1). Elle correspond à un bombement étendu suivant une direction NE-SW, et composé d'un socle précambrien recouvert en discordance par une couverture infracambrienne schisto-grésocarbonatée (Fig. 2B). Le socle précambrien est constitué par des roches volcaniques et volcanoclastiques dont l'ensemble a été défini sous le nom de formation d'Ouarzazate ou Précambrien III selon Choubert (1957, 1963) et supergroupe de Ouarzazate selon la classification de Thomas *et al.* (2004). Les datations des

(\*) Laboratoire de Géologie Appliquée, Géomatique et Environnement, Faculté des Sciences Ben Msik, BP 7955, Casablanca, Maroc ; e-mails : zahour\_rachid@yahoo.fr, zerhouni.y@gmail.com

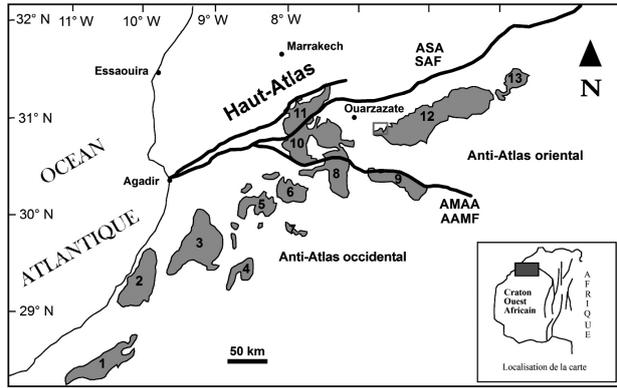


Fig. 1. — Schéma géologique de l'Anti-Atlas marocain avec localisation des boutonnières précambriennes d'après (Choubert, 1963) et du secteur d'Aït Sawn étudié. 1: Bas Drâa; 2: Ifni; 3: Kerdous; 4: Akka; 5: Ighrem; 6: Iguerda; 7: Tata; 8: Zenaga; 9: Bou-Azzer; 10: Siroua; 11: Ouzellagh; 12: Saghro; 13: Ougnat; ASA : Accident sud Atlasique ; AMAA : Accident majeur de l'Anti-Atlas.

Fig. 1. — Geological sketch map of the Moroccan Anti-Atlas with location of Proterozoic inliers (after Choubert, 1963) and Aït Sawn studied area. 1: Bas Draa; 2: Ifni; 3: Kerdous; 4: Akka; 5: Ighrem; 6: Iguerda; 7: Tata; 8: Zenaga; 9: Bou-Azzer; 10: Siroua; 11: Ouzellagh; 12: Saghro; 13: Ougnat; SAF : South Atlas Fault ; AAMF : Anti-Atlas Major Fault.

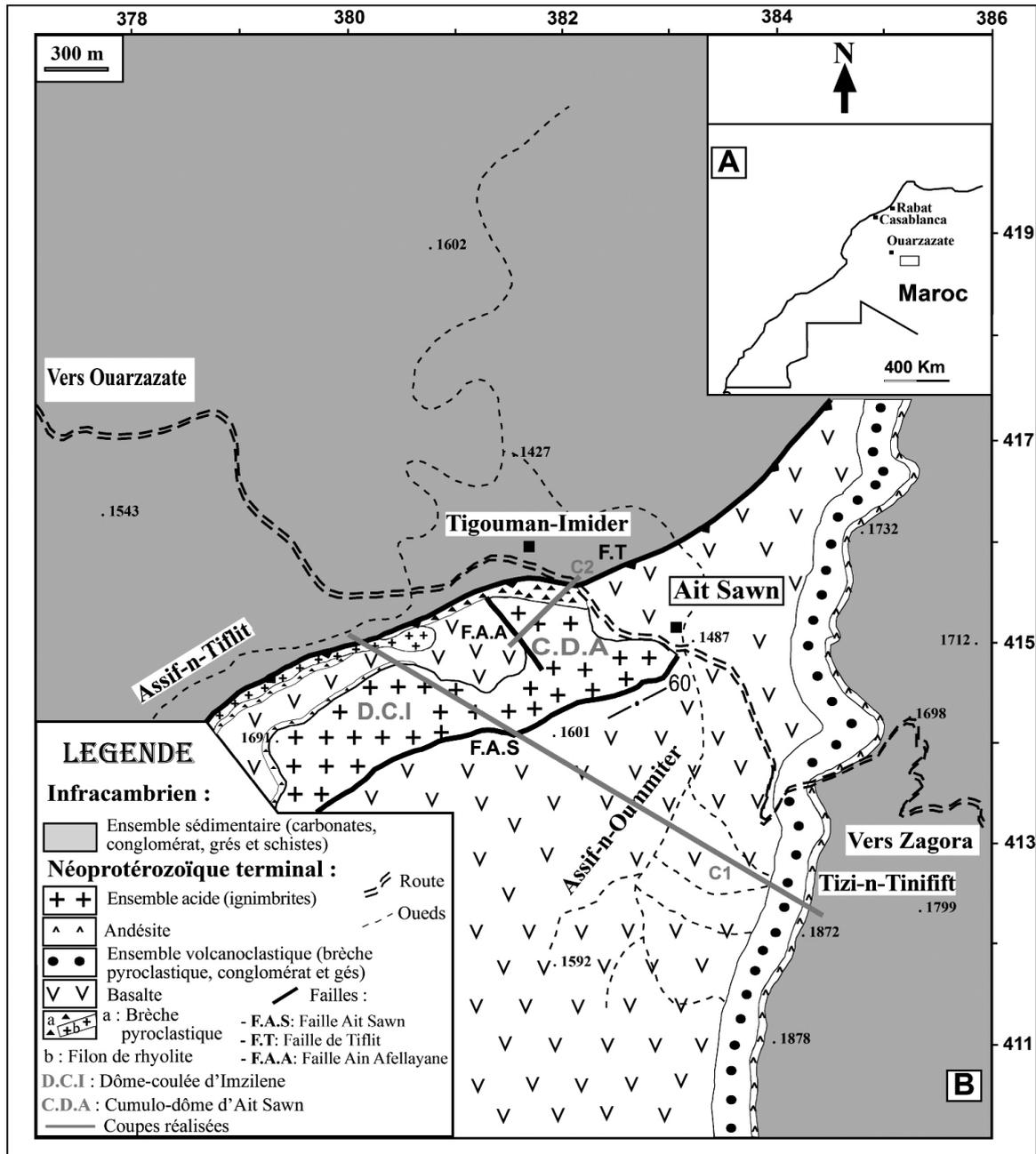


Fig. 2. — (A) Croquis de situation de la région étudiée, (B) Carte géologique de la boutonnière d'Aït Sawn.

Fig. 2. — (A) Location sketch of studied area, (B) Geological map of the Aït Sawn inlier.

coulées de roches volcaniques dans la région d'Ouarzazate ont permis de livrer des âges compris entre  $- 586 \pm 20$  et  $- 563 \pm 10$  Ma (Mifdal & Peucat, 1985) ; une autre datation des ignimbrites a donné un âge de  $- 567 \pm 7$  Ma (Walsh *et al.*, 2002 ; U/Pb sur zircons). Ces âges attribuent un âge édiacarien supérieur aux formations du Supergroupe d'Ouarzazate (Yazidi *et al.*, 2008).

Le but de cette recherche consiste essentiellement à :

- \* présenter et décrire la succession lithostratigraphique des séries volcaniques édiacariennes de la boutonnière d'Aït Sawn en se basant sur les relations mutuelles entre les différentes formations et la corrélation des différentes coupes géologiques sériées réalisées à travers le secteur ;

- \* décrire les différents faciès pétrographiques qui constituent ces formations ;

- \* reconstituer les paléo-appareils ayant servi de voies d'alimentation du magmatisme du secteur ;

- \* reconstituer l'histoire paléogéographique du secteur d'Aït Sawn et mettre en évidence le rôle de la tectonique dans la mise en place du volcanisme.

## II. — LITHOSTRATIGRAPHIE ET PETROGRAPHIE DES FORMATIONS DU PRECAMBRIEN III D'AÏT SAWN

La cartographie détaillée et la corrélation des coupes sériées réalisées ont permis d'établir une succession lithostratigraphique synthétique des formations volcaniques et volcanoclastiques néoproterozoïques de la boutonnière d'Aït Sawn (Fig. 3). La coupe synthétique montre les faciès pétrographiques suivants qui sont des plus anciens aux plus récents :

### 1) les brèches pyroclastiques inférieures (30 m)

Elles correspondent au faciès de base du Néoproterozoïque terminal à l'échelle du secteur et affleurent au pied nord de Jbel Bou Imzilene. Ce sont des roches grises en patine et rougeâtres à la cassure, caractérisées par la présence de xénolites à contours anguleux et sinueux de basaltes porphyriques sus-jacents. Il s'agit de projections violentes qui annoncent les premières venues magmatiques du secteur.

### 2) Les basaltes (60 m)

Il s'agit d'une succession de coulées décamétriques qui occupent une grande étendue. Dans la vallée d'Assif-n-Oummiter, le faciès dominant est celui du basalte porphyrique à mégaporphyrique vacuolaire qui correspond à des roches sombres, parfois verdâtres ou rougeâtres, contenant des phénocristaux de plagioclase de taille millimétrique à centimétrique. Localement, ces roches renferment des vacuoles millimétriques à centimétriques. Au nord du Jbel Bou Imzilène, ces basaltes deviennent fluidaux. La fluidalité verticale orientée N60, est marquée par l'orientation privilégiée des cristaux de plagioclase.

### 3) L'ensemble volcanoclastique composite (45 m)

Il est représenté par des brèches pyroclastiques, formées de fragments centimétriques des basaltes porphyriques sur lesquelles reposent des conglomérats épicyclastiques et des alternances de niveaux centimétriques gréseux et bréchiens. La partie sommitale de cet ensemble correspond à une période de sédimentation qui marque un arrêt momentané du volcanisme.

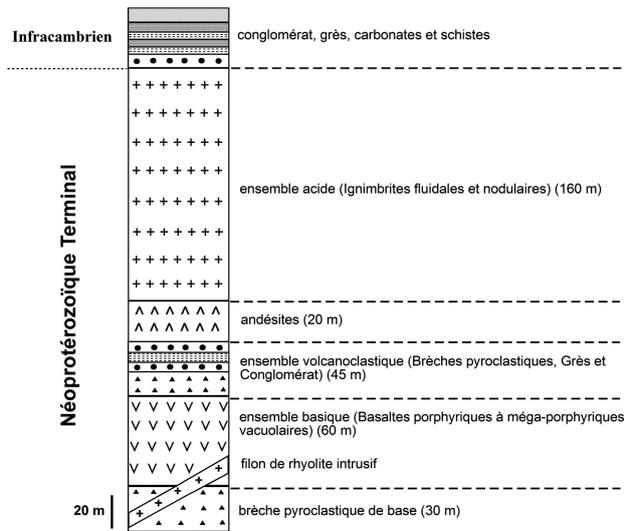


Fig. 3. — Succession lithostratigraphique du Néoproterozoïque terminal de la boutonnière d'Aït Sawn.

Fig. 3. — Lithostratigraphic sequence of the late Neoproterozoic from the Aït Sawn inlier.

### 4) Les andésites

Un second épisode magmatique est représenté par des coulées d'andésites (20 m) de couleur grisâtre à sombre, presque aphyriques à l'œil nu.

### 5) Les ignimbrites

Le troisième épisode volcanique correspond à des émissions acides marquées par la mise en place d'une puissante série (160 m) ignimbritique. Ces faciès occupent principalement le sommet de Jbel Bou Imzilène et montrent la succession suivante :

- \* *Les ignimbrites fluidales (10 m)* affleurent en position basale au niveau du versant sud de Jbel Bou Imzilene avec une fluidalité verticale orientée N60. Ce faciès montre un rubanement millimétrique visible à l'échelle de l'échantillon. Celui-ci est marqué par une alternance de lits millimétriques clairs et de lits sombres ;

- \* *les ignimbrites nodulaires (≈ 60 m)* affleurent principalement sur le flanc sud de Jbel Bou Imzilene. L'une des caractéristiques de ce faciès est la présence de nodules sphériques de taille millimétrique à décimétrique (jusqu'à 15 cm) remplis de quartz et/ou verre volcanique ;

- \* *les ignimbrites fluidales et nodulaires (90 m)* constituent la grande partie de l'ensemble acide. Elles se caractérisent par la présence d'une fluidalité et de nodules souvent sphériques ou parfois elliptiques, formés de quartz ou de verre volcanique. Certains nodules sont zonés et montrent un noyau de quartz dans un cortex de silice amorphe.

Le magmatisme filonien est représenté par un filon rhyolitique d'une puissance de 10 à 30 m et d'une extension de plusieurs centaines de mètres. Ce filon a une direction N60 et un pendage subvertical à vertical (70° à 80°) qui longe le versant nord du Jbel Imzilène. Il est encaissé tantôt dans les brèches

Nature de la roche	Faciès	Paragenèse primaire	Paragenèse secondaire	% des Constituants		Texture	Autres critères
				Cristaux	Mésostase		
Basaltes	Faciès à olivine et pyroxène	Pl, Px, Ol et Op	Ser, Chl, Ep et Oxy	80%	20%	Microlitique porphyrique	-----
	Faciès fluidale et vacuolaire	Pseudomorphes de Px et Op	Ep	10%	90%	Microlitique fluidale et vacuolaire	- Microlites de plagioclase localement orientées (fluidalité) - Vacuoles à Pl-Ep ---- remplissage séquentiel
	Faciès porphyrique et vacuolaire	Pl et Op	Qz, Cal et Oxy	60%	40%	Microlitique porphyrique vacuolaire	- Vacuoles à Fld ---- remplissage monominéral. - Vacuoles à Fld-Qz ---- remplissage séquentiel. - Vacuoles à Fld-Cal ---- remplissage séquentiel.
Andésites	Microlitique porphyrique vacuolaire	Pl et Op	Cal, Ser et Oxy	35%	65%	Microlitique porphyrique vacuolaire	- Vacuoles à Qz ---- remplissage monominéral. - Vacuoles à Calcite-quartz ---- remplissage séquentiel.
Ignimbrites	Faciès fluidale et rubané	Qz et Op	Qz et Oxy	5%	95%	Eutaxitique	- Alternance de canaux rectilignes clairs et sombres (rubanement). - Recristallisation du fond vitreux préexistant en une mosaïque de Qz Fld. - Echarde en forme de bâtonnets orientés, empilés et serrés les uns contre les autres (fluidalité).
	Faciès nodulaire	Qz et Op	Qz et Oxy	5%	95%	Vitroclastique nodulaire	- Nodules formées de silice amorphe fibreuse et radiée. - Nodules formées de Qz-silice. - Dévitrification du fond vitreux préexistant et recristallisation en Qz. secondaire
	Faciès fluidale	Qz et Op	Qz et Oxy	5%	95%	Eutaxitique	- Echarde aplatis sous forme de filaments orientés. - Mésostase finement recristallisée en quartz secondaire.
Rhyolites	Cryptocristallin	Qz et Fld et Op	Qz et Oxy	5%	95%	Cryptocristalline	- Dévitrification du fond vitreux préexistant et recristallisation en Qz et Fld.
Brèches pyroclastiques	Faciès pyroclastique xénolitique basaltique	Fragments de roches (85%), (Pl et Op : 5%) et Ciment (10%)					- Les fragments de roches sont de deux types : - Fragments holo-feldspathiques ; constitués par des microlites de plagioclase orientés - Fragments à texture microlitique porphyrique vacuolaire - Le ciment est de nature siliceuse

Tableau I. — Tableau récapitulatif de la pétrographie de la série volcanique du Néoprotérozoïque terminal de la boutonnière d’Aït Sawn. Abréviations : Pl : plagioclase, Px : pyroxène, Ol : olivine, Op : opaques, Qz : quartz, Fld : feldspaths, Ep : épidote, Cal : calcite, Ser : séricite, Chl : chlorite, Oxy : oxydes.

Table 1. — Petrography summary of the volcanic series of the late Neoproterozoic of the Aït Sawn inlier. Abbreviations: Pl : plagioclase, Px : pyroxene, Ol : olivine, Op : opaque, Qz : quartz, Fld : feldspars, Ep : epidote, Cal : calcite, Ser : sericite, Chl : chlorite, Oxy : oxides.

pyroclastiques de base tantôt dans les basaltes. Vers l’est, ce filon débouche dans le cumulo-dôme d’Aït Sawn. Sur la série volcanique et volcanoclastique du Néoprotérozoïque terminal de la boutonnière d’Aït Sawn, repose en discordance une puissante couverture infracambrienne schisto-gréso-conglomératique et carbonatée. Les principaux caractères pétrographiques des roches du Précambrien III d’Aït Sawn sont résumés dans le tableau ci-dessus (Tabl. I).

### III. — DESCRIPTION DES APPAREILS VOLCANIQUES D’AÏT SAWN

Le volcanisme édiacarien de la Boutonnière d’Aït Sawn est marqué par deux grands types de dynamisme éruptif qui dépendent essentiellement de la nature des laves émises. Un magma basique à intermédiaire, qui semble être plus fluide, est responsable d’une activité magmatique effusive matérialisée par des empilements de coulées de basaltes porphyriques à mégaporphyriques auxquels succèdent des coulées andésitiques. Après une période de repos, une autre activité volcanique, cette fois-ci explosive, reprend et produit un magmatisme présumé visqueux et pâteux au moment de l’éruption en raison de son importante acidité. Ce magma s’accumule à proximité des points d’émission sans pouvoir s’étaler sur une très grande étendue donnant naissance à des roches acides en l’occurrence les ignimbrites. Dans la région étudiée, les produits volcaniques ne sont pas distribués d’une manière aléatoire, mais ils s’accumulent plutôt au niveau du cratère du volcan en édifiant des appareils volcaniques à la surface appelés communément des extrusions. Dans ce qui suit on s’intéressera à la reconnaissance de la morphologie, la structure et le type des paléo-appareils qui ont servi de voies d’alimentation aux produits volcaniques.

#### 1) Les appareils centraux

Les édifices volcaniques ponctuels mis en évidence rappellent par leur morphologie des dômes classiques analogues à ceux décrits dans les volcans néogènes d’Iran (Emami & Michel, 1982), dans le Haut-Atlas (Zahour *et al.*, 2000 ; Zahour, 2001) et dans l’Anti-Atlas (Zahour, 1990 ; El Maidani, 2005). Nous décrirons dans ce qui suit deux exemples d’extrusions.

##### a) Dôme-coulée d’Imzilene

C’est une extrusion formée principalement d’ignimbrites. Cette structure encaissée dans les basaltes (Fig. 4), rappelle par sa géométrie les dômes-coulées du Précambrien III décrits dans d’autres secteurs de l’Anti-Atlas (Zahour, 1990) et dans le Haut-Atlas (Zahour, 2001). Le cœur de l’appareil, qui se situe au SE du Jbel Bou Imzilene, est marqué par un faciès d’ignimbrites fluidales et rubanées qui passe à un faciès ignimbrite nodulaire. Ces roches présentent une fluidalité N60 verticale et jalonnent une grande faille verticale orientée N60 (faille d’Aït Sawn). La disposition verticale de la fluidalité laisse penser que ces ignimbrites constituent le centre d’émission.

En s’éloignant du centre de l’appareil vers le NW de Jbel Bou Imzilene, affleure un puissant faciès d’ignimbrite fluidale et nodulaire dont la fluidalité, orientée N60, est oblique (70°NW). La disposition de la fluidalité laisse penser que ce faciès aurait été étalé vers le NW sur une topographie en demi-graben à la suite d’un effondrement vers le NW, qui est vraisemblablement syn-éruptif, que l’on peut attribuer aux jeux de la faille d’Aït Sawn au SE et de la faille de Tifit au NW. Les mesures de la fluidalité au niveau des ignimbrites montrent des valeurs

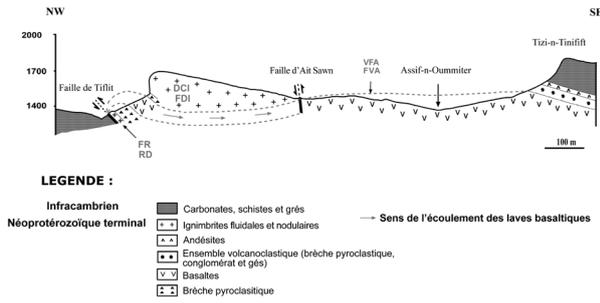


Fig. 4. — Coupe géologique réalisée à travers le secteur d'Ait Sawn.

Fig. 4. — Geological section through the Ait Sawn district.

différentes de pendage : on passe d'une fluidalité verticale (Photo 1) au SE au contact de la faille d'Ait Sawn, à une fluidalité oblique (direction N60 et pendage 70° vers NW) vers le NW. Ces changements de pendage de la fluidalité révèlent la présence d'un appareil volcanique de type dôme-coulée (ou encore dôme-étalé) atteignant 40 m de hauteur, dont les produits ignimbricitiques auraient rempli une dépression d'environ 1 km de longueur sur 300 m de largeur.

*b) Cumulo-dôme d'Ait Sawn (Fig. 5)*

La géométrie de cet édifice volcanique correspond à un dôme en forme de coupole (Reffay, 1980) qui rappelle les dômes classiques d'âge néoprotérozoïque terminal décrits dans d'autres endroits autour d'Ouarzazate (El Maidani, 2005). L'extrusion a un diamètre d'environ 150 m et sa hauteur atteint plus de 20 m. Cet édifice est constitué par des ignimbrites fluidales et nodulaires, dont la fluidalité verticale est marquée par des rubans de quartz millimétriques orientés N140 ; l'appareil volcanique semble représenter une accumulation de faciès ignimbricitiques acides plus visqueux à proximité du point de sortie du magma.

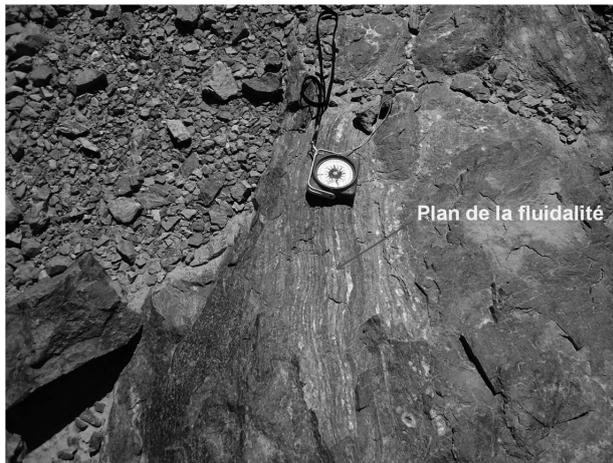


Photo 1. — Photo du faciès ignimbricitique montrant la disposition verticale de la fluidalité.

Picture.1. — Picture of the ignimbritic facies showing the vertical arrangement of the fluidality.

La masse ignimbricitique est encaissée dans les brèches et les basaltes de Jbel Bou Imzilene. Il y a lieu de remarquer que cette extrusion est limitée au SW par la faille d'Ain Afellayane et au NE par la faille N60 de Tiflit. Ce dernier accident semble avoir été actif pendant l'éruption et aurait, par conséquent, facilité la montée du magma ignimbricitique.

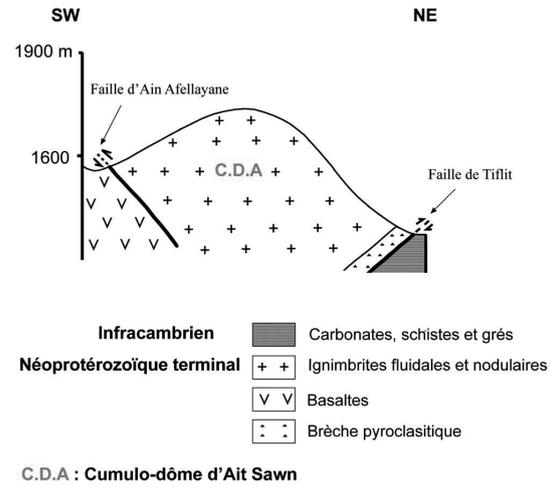


Fig. 5. — Coupe géologique réalisée au niveau du cumulo-dôme d'Ait Sawn.

Fig. 5. — Geological section of the Ait Sawn cumulo-dome.

**2) les appareils fissuraux**

*a) volcan fissural effusif*

Cet immense édifice volcanique (Fig. 4) est représenté par des empilements de laves basiques qui couvrent une très vaste étendue. Le long de l'Oued Tiflit, les faciès basiques sont marqués par une fluidalité N60 verticale, cette disposition laisse penser que le centre des émissions de laves basaltiques se situe à proximité de la faille de Tiflit et que la mise en place du magma semble être contemporaine de la réactivation de cet accident volcano-tectonique. En s'éloignant de la zone centrale notamment au niveau de la vallée d'Oummiter (Fig. 4) vers le SE, le pendage des coulées devient faible (10°). Cette disposition de pendage au sein des coulées peut être expliquée par des expulsions successives du magma basique à partir du centre d'émission, suivies du fluage latéral des laves sur une pente douce donnant ainsi un édifice volcanique sous forme d'un volcan fissural effusif.

*b) filon rhyolitique*

D'une extension décamétrique et d'une puissance de 10 à 30 m, il est orienté sensiblement E-W, avec un fort pendage vers le SE (70 à 80°), et jalonne la grande faille de Tiflit. Ce filon semble être intrusif à la fois sur les brèches pyroclastiques de base et les basaltes de Jbel Bou Imzilene et par conséquent sa mise en place est postérieure aux faciès volcaniques basiques, et semble contemporaine des faciès acides ignimbricitiques constituant le

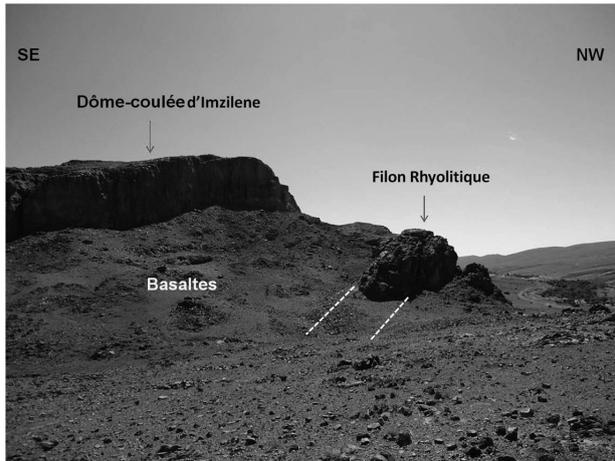


Photo 2. — Photo montrant la relation entre le dôme-coulée d'Imzilène et le filon rhyolitique.

Picture 2. — Picture of the relationship between the Imzilène flow-dome and the rhyolitic dyke.

dôme-coulée d'Imzilene. La relation spatiale entre le dôme-coulée d'Imzilene et le filon rhyolitique nous a permis de penser que ce dernier correspondrait à une voie d'alimentation qui déboucherait dans la racine du dôme-coulée (Photo 2).

#### IV. — PALEOVOLCANISME DU SECTEUR D'AÏT SAWN

Les premières manifestations volcaniques reconnues à Aït Sawn sont des coulées basiques auxquelles sont associées à la base et au sommet des pyroclastites. Les variations de la surface d'affleurement de ces empilements de laves, comme il apparaît à la lecture de la carte géologique, sont régies par la tectonique et la topographie. Le centre d'émission de ces laves basiques est localisé en bordure de la faille volcano-tectonique de Tifit située au NW qui a joué le rôle de cheminées d'alimentation de ces coulées. Ces produits volcaniques se sont accumulés sur une topographie inclinée vers le SE, liée probablement à un paysage en forme de demi-graben vers le SE, et forment un appareil volcanique sous forme d'un volcan fissural et effusif vers le SE. L'activité volcanique est interrompue par un épisode sédimentaire responsable du démantèlement des reliefs basaltiques et l'installation d'un épisode d'érosion de type torrentiel permettant le dépôt de conglomérats épicastiques comblant les paléochenaux comme ceux qui sont observés dans la boutonnière d'Imiter (Baroudi, 2002). Ces conglomérats passent à des alternances de niveaux gréseux et de niveaux bréchiques et traduisent des périodes de sédimentation relativement calmes alternant avec les périodes torrentielles. Le volcanisme reprend et se manifeste par des coulées andésitiques. Cet épisode volcanique est précédé par de violentes projections pyroclastiques. Les points d'émission ont ensuite migré vers le SE en bordure de la faille d'Aït Sawn et vers l'est en bordure de la faille d'Ain Afellayane, avec toutefois émission de laves acides visqueuses ignimbritiques. Cet épisode volcanique se termine par l'édification des appareils volcaniques soit sous forme de dôme-coulée (dôme-coulée d'Imzilene), soit sous forme de cumulo-dôme (cumulo-dôme d'Aït Sawn). Des filons acides contemporains ont été mis en place et représentent des cheminées d'alimentation du volcanisme.

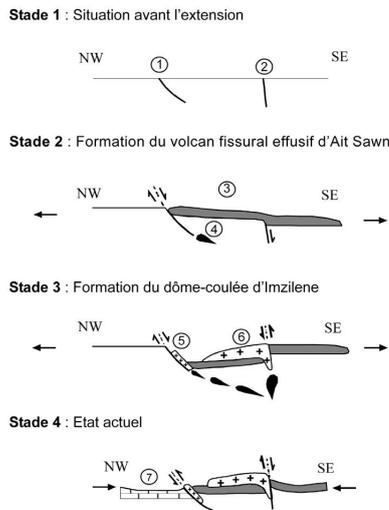
#### V. — IMPACT DE LA TECTONIQUE SUR LA MISE EN PLACE DU VOLCANISME

L'examen de la carte géologique du secteur montre une relation spatiale entre les accidents majeurs et le volcanisme, ce qui suggère un éventuel impact direct de ces accidents sur le dynamisme du volcanisme de la région et sur sa répartition. Dans le but de mettre en évidence le lien étroit entre la tectonique et la mise en place du volcanisme du Néoprotérozoïque terminal de la boutonnière d'Aït Sawn et en particulier sur l'édification des appareils volcaniques, il convient de se référer aux données structurales observées sur le terrain. Les déformations enregistrées par les terrains du Néoprotérozoïque terminal d'Aït Sawn sont la conséquence d'une tectonique cassante représentée par des accidents pour la plupart de grande ampleur. Ces structures peuvent être groupées en deux grandes générations de failles :

1) La première population des failles subverticales à verticales qui ont joué un rôle majeur dans l'évolution paléogéographique du secteur, est d'une direction généralement N60. Le premier exemple de cette génération est la faille d'Aït Sawn qui a mis les basaltes porphyriques au contact du dôme-coulée d'Imzilene ; le deuxième exemple de la même famille est la faille de Tifit qui longe l'Assif-n-Tifit et qui a mis en contact anormal la série schisto-gréso-carbonatée infracambrienne avec la série du Néoprotérozoïque terminal par l'intermédiaire du filon rhyolitique. Ces accidents représenteraient un héritage structural protérozoïque (Azizi, 1990 ; Zahour, 2001 ; Sy, 2013) ayant rejoué pendant le Néoprotérozoïque terminal et seraient responsables de la mise en place des magmas liés à l'extension continentale post-panafricaine (Soulaimani *et al.*, 2003). Cette extension est responsable de la réactivation des accidents hérités du Protérozoïque, en l'occurrence la faille de Tifit qui aurait rejoué en faille normale, favorisant ainsi la compartimentation du secteur en demi-graben à fond incliné vers le SE. Elle aurait déterminé par son jeu un demi-graben qui serait comblé par les premières manifestations volcaniques reconnues à Aït Sawn, à savoir les coulées basiques formant le volcan basique effusif d'Aït Sawn. L'épanchement des coulées vers le SE, donc une paléogéographie fini-précambrienne avec une pente vers le SE, serait dû au basculement des blocs vers le SE (Fig. 6).

La distension se poursuivait et conduisait à la formation d'une zone déprimée bordée au NW par la faille de Tifit et au SE par la faille d'Aït Sawn. Cette zone correspond actuellement à l'emplacement de Jbel Bou Imzilene, qui aurait subi un effondrement vraisemblablement syn-éruptif vers le NW et pour nous lié au jeu de la faille volcano-tectonique d'Aït Sawn : l'étalement d'un seul côté, vers le NW, des laves ignimbritiques acides qui ont donné le dôme-coulée d'Imzilene est une indication en faveur de cet effondrement. Le linéament volcano-tectonique de Tifit aurait guidé la mise en place du filon rhyolitique que nous considérons comme vraisemblablement contemporain de la mise en place du magma ignimbritique. La famille de faille N60 aurait rejoué plus tardivement, probablement pendant l'Hercynien et/ou l'Atlantique comme en témoigne leur jeu postérieur à l'Infracambrien, qu'elles tranchent.

2) La seconde population de failles est orientée N140 ; ce sont des failles subverticales, visibles sur le terrain grâce au décalage apparent des formations volcaniques. Le meilleur exemple est la faille d'Ain Afellayane, qui a induit par son mouvement le soulèvement des basaltes au contact du cumulo-dôme d'Aït Sawn. En effet la faille d'Ain Afellayane, représente un accident d'âge précambrien qui détermine par son jeu au Néoprotérozoïque terminal un paléoseuil situé sur l'emplacement du cumulo-dôme d'Aït Sawn. Il semble aussi que le linéament tectonique ait été actif pendant l'éruption



1 et 2 : Failles héritées du socle Précambrien (1: accident de Tiflit ; 2 : accident d'Aït Sawn) ;  
3 : Volcanisme basique effusif et fissural d'Aït Sawn ; 4 : Magma ; 5 : Filon rhyolitique ;  
6 : Dôme coulée Ignimbritique d'Imzilene ; 7: Infracambrien.

Fig. 6. — Modèle proposé pour la reconstitution des appareils volcaniques d'Aït Sawn.

Fig. 6. — Proposed model for the reconstruction of the Aït Sawn volcanic apparatus.

et aurait, par conséquent, facilité la montée du magma ignimbritique. Ce dernier va nourrir l'appareil édifié en surface sous la forme de cumulo-dôme d'Aït Sawn. Cet accident aurait joué plus tardivement probablement lors du cycle hercynien et/ou atlasique.

## VI. — DISCUSSION

Les marqueurs structuraux et magmatiques observés dans la région d'Aït Sawn nous permettent de penser que le volcanisme de ce secteur est lié à un contexte géodynamique extensif. Cet événement se produit à la fin du Précambrien (vers - 550 Ma) dans l'Anti-Atlas (Pelleter, 2007 ; Thomas *et al.*, 2002, 2004). Durant plusieurs dizaines de millions d'années, une extension continentale s'est exercée sur la limite nord du craton ouest-africain (Soulaïmani *et al.*, 2004). Les anciennes structures, vraisemblablement héritées du socle précambrien, ont joué pendant le Néoprotérozoïque terminal en failles verticales et normales à la suite d'un événement tectonique extensif tardif à post-orogénique à l'échelle de l'Anti-Atlas (Oudra *et al.*, 2005; Soulaïmani *et al.*, 2014), et seraient symptomatiques d'une distension aboutissant à un amincissement crustal et à un basculement des blocs en induisant une architecture en grabens (Piqué *et al.*, 1999). L'emplacement des extrusions

volcaniques étudiées entre vraisemblablement dans ce cadre. La fusion partielle du manteau qui accompagne l'extension crustale se traduit par un magmatisme majeur dont l'activité s'étend sur près de 40 Ma (Gasquet *et al.*, 2005 ; Blein *et al.*, 2014), responsable de la mise en place lors d'un premier cycle des magmas basaltiques et andésitiques édifiant des coulées de laves issues d'un volcanisme fissural.

La région a connu un autre cycle volcanique acide à dominance ignimbritique qui traduit soit une fusion crustale (Leblanc, 1986 ; Zahour, 1990 ; Álvaro *et al.*, 2014) soit une cristallisation fractionnée des magmas basiques et intermédiaires (Zahour, 2001 ; Toummite *et al.*, 2013), édifiant en surface des extrusions soit sous forme de cumulo-dôme (cumulo-dôme d'Aït Sawn), soit sous forme de dôme-coulée (dôme-coulée d'Imzilene). Les études géochimiques en cours permettront de confirmer ou d'infirmer ces hypothèses. Nous estimons que ces failles ont joué de nouveau plus tardivement en sens inverse pendant l'Hercynien et/ou l'Atlasique en provoquant la structuration actuelle du secteur. Cette géométrie est enregistrée par les grandes structures citées précédemment.

## VII. — CONCLUSION

Dans la boutonnière d'Aït Sawn, la série du Néoprotérozoïque terminal est caractérisée par trois cycles volcaniques séparés dans le temps par des épisodes volcanoclastiques. Le premier cycle est caractérisé par la mise en place des coulées basaltiques qui sont précédées par un épisode explosif matérialisé par des brèches pyroclastiques. Le second cycle est matérialisé par des coulées andésitiques qui font suite à une période de sédimentation détritique (conglomérats et brèches) marquant un arrêt momentané du volcanisme. Quant au troisième, il correspond à des émissions acides marquées par la mise en place des laves rhyolitiques, des projections violentes (ignimbrites) ainsi que des filons rhyolitiques. Les produits volcaniques ont engendré en surface des extrusions qui demeurent encore visibles malgré leur âge très ancien. Ces appareils fissuraux et centraux sont communément appelés extrusions. Ils sont représentés par le volcan fissural effusif d'Aït Sawn, le dôme-coulée d'Imzilene et le cumulo-dôme d'Aït Sawn. Les voies d'accès du volcanisme s'ordonnent suivant des alignements tectoniques orientés N60 et N140, par conséquent le volcanisme semble avoir été contemporain du fonctionnement de ces accidents volcano-tectoniques. Ces derniers représentent un héritage du socle précambrien et ils ont joué pendant le Néoprotérozoïque terminal à la suite d'un épisode tectonique d'extension continentale post-panafricaine à l'échelle de l'Anti-Atlas.

**Remerciements.** — Les auteurs tiennent à remercier les deux relecteurs pour leurs conseils et suggestions, la qualité de leurs remarques qui ont conduit à préciser de nombreux points de ce travail. Ils remercient aussi tous les membres du laboratoire de Géologie Appliquée, Géomatique et Environnement de la faculté des Sciences de Ben M'Sik de Casablanca ainsi que les membres du conseil scientifique et éditorial de la SGN, en particulier Mr. Alain Blicq et ceux qui ont contribué à la mise en forme de l'article.

## BIBLIOGRAPHIE

- ÁLVARO J.J., BENZIANE F., THOMAS R., WALSH G. J. & YAZIDI A. (2014). — Neoproterozoic–Cambrian stratigraphic framework of the Anti-Atlas and Ouzellagh promontory (High Atlas), Morocco. *Jl. Afr. Earth Sci.*, **98**: 19-33.
- AZIZI-SAMIR M.R. (1990). — *Géologie du Précambrien terminal (III) et traitement statistique des données géochimiques de prospection, dans la boutonnière de Bou Azzer- El Graara (Anti-Atlas, Maroc)*. Thèse Doct. d'Etat, Univ. Joseph Fourier, Grenoble1 : 288 p.

- BAROUDI Z. (2002). — *Le gisement Ag-Hg d'Imiter (Anti-Atlas Oriental) : minéralisation, fluides associés et condition de dépôt*. Thèse Doct. d'Etat, Univ. Hassan II Mohammedia, Casablanca (Maroc) : 280 p.
- BLEIN O., BAUDIN A., SOULAIMANI A., COCHERIE A., CHEVREMONTE P., ADMOU H., OUANAÏMI H., HAFID A., RAZIN P., BOUABDELLI M. & ROGER J. (2014). — New geochemical, geochronological and structural constraints on the Ediacaran evolution of the south Sirwa, Agadir-Melloul and Iguerda inliers, Anti-Atlas, Morocco. *Jl. Afr. Earth Sci.*, **98** : 47-71.
- CHOUBERT G. (1957). — L'Adoudounien et le Précambrien III dans l'Anti-Atlas. In : *Les relations entre le Précambrien et Cambrien*. Coll. Intern. CNRS (Paris), **76** : 143-162.
- CHOUBERT G. (1963). — Histoire géologique du Précambrien de l'Anti-Atlas. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, **100** : 75-194.
- EL MAIDANI A. (2005). — *Le volcanisme Précambrien III d'Ighbli (Anti-Atlas central, Maroc) et minéralisation associées : un exemple de dômes volcaniques liés à des failles volcaniques héritées du socle Protérozoïque*. Mém. de fin d'étude (DESA), Univ. Hassan II Mohammedia, Casablanca : 75 p.
- EMAMI M.H. & MICHEL R. (1982). — Les volcans dôméens du Néogène de Qom (Iran central). Essai de classification de l'activité volcanique dôméenne. *Bull. volcanol.*, **45-4** : 317-332.
- GASQUET D., LEVRESSE G., CHEILLETZ A., AZIZI-SAMIR M.R. & MOUTTAQI A. (2005). — Contribution to a geodynamic reconstruction of the Anti-Atlas (Morocco) during Pan-African times with the emphasis on inversion tectonics and metallogenic activity at the Precambrian–Cambrian transition. *Precambrian Research*, **140** : 157–182.
- HEFFERAN P.K., KARSON J.A. & SAQUAQUE A. (1992). — Proterozoic collisional basins in Pan-African suture zone, Anti-Atlas mountains, Morocco. *Precambrian Research*, **54** : 295–319.
- LEBLANC M. (1986). — Appareil ignimbrétique et minéralisation cuprifère : Alous (Anti-Atlas, Maroc). *Mineral. Deposita*, **21** : 129-136.
- MIFDAL A. & PEUCAT J. (1985). — Datation U-Pb et Rb-Sr du volcanisme acide de l'Anti-Atlas marocain et du socle sous-jacent dans la région de Ouarzazate. Apport au problème de la limite Précambrien-Cambrien. *Sciences Géologiques, Bull.*, **38 (2)** : 185-200.
- OUORA M., BERAAOUZ E. H., IKENNE M., GASQUET D. & SOULAIMANI A. (2005). — La tectonique panafricaine du secteur d'Igherm : implication des dômes extensifs tardi à post-orogéniques (Anti-Atlas occidental, Maroc). *Estudios Geol.*, **61** : 177-189.
- PELLETER E. (2007). — *Géologie, géochimie et géochronologie du gisement aurifère de Tamlalt-Menhouhou (Haut-Atlas Oriental) : Contribution des événements Ediacariens, Ordoviciens supérieurs et Stéphano-autuniens au polyphasage des minéralisations et à la géodynamique de la bordure nord du Craton Ouest Africain*. Thèse Doct. d'Etat, Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy : 238 p.
- PIQUÉ A., BOUABDELLI M., SOULAIMANI A., YOUNI N. & ILIANI M. (1999). — Les conglomérats du PIII (Néoprotérozoïque supérieur) de l'Anti-Atlas (Sud du Maroc) : molasse panafricaine, ou marqueurs d'un rifting fini-protérozoïque ? *C. R. Acad. Sci. Paris, Sc. Terre et Planètes*, **328** : 409-414.
- REFFAY A. (1980). — Les dômes volcaniques : essai de typologie géomorphologique. *Norvès*, **105** : 19-31.
- SOULAIMANI A., BOUABDELLI M. & PIQUÉ A. (2003). — L'extension continentale au Néo-Protérozoïque supérieur–Cambrien inférieur dans l'Anti-Atlas (Maroc). *Bull. Soc. géol. France*, **174 (1)** : 83–92.
- SOULAIMANI A., ESSAÏFI A., YOUNI N. & AHMID H. (2004). — Les marqueurs structuraux et magmatiques de l'extension crustale au Protérozoïque terminal-Cambrien Basal autour du Massif de Kerdous (Anti-Atlas Occidental, Maroc). *C. R. Géoscience*, **336** : 1433-1441.
- SOULAIMANI A., MICHARD A., OUANAÏMI H., BAIDDER L., RADDI Y., SADDIQUI O. & RJIMATI E.C. (2014). — Late Ediacaran–Cambrian structures and their reactivation during the Variscan and Alpine cycles in the Anti-Atlas (Morocco). *Jl. Afr. Earth Sci.*, **98** : 94-112.
- SY A.H. (2013). — *Magmatisme du Précambrien Terminal (PIII) de la boutonnière d'Aït Saoum et minéralisation Associées (Anti-Atlas Oriental)*. Mémoire de Master, Univ. Hassan II Mohammedia, Casablanca : 64 p.
- THOMAS R.J., CHEVALLIER L.P., GRESSE P. G., HARMER R.E., EGLINGTON B.M., ARMSTRONG, R.A., DE BEER C.H., MARTINI J.E.J., DE KOCK G.S., MACEY P.H. & INGRAM B.A. (2002). — Precambrian evolution of the Sirwa Window, Anti-Atlas Orogen, Morocco. *Precambrian Research*, **118 (1-2)** : 1-57.
- THOMAS R.J., FEKKAK A., ENNIH N., ERRAMI E., LOUGHLIN S.C., GRESSE P.G., CHEVALLIER L.P. & LIEGEOIS J.-P. (2004). — A new lithostratigraphic framework for the Anti-Atlas Orogen, Morocco. *Jl. Afr. Earth Sci.*, **39 (3-5)** : 217-226.
- TOUMMITE A., LIEGEOIS J.-P., GASQUET D., BRUGUIER O., BERAAOUZ E.H. & IKENE M. (2013). — Field, geochemistry and Sr-Nd isotopes of the Pan-African granitoids from the Tifnoute Valley (Sirwa, Anti-Atlas, Morocco): a post-collisional event in a metacratonic setting. *Mineralogy and Petrology*, **107 (5)** : 739-763.
- WALSH G.J., ALEINIKOFF J.N., BENZIANE F., YAZIDI A. & ARMSTRONG T.R. (2002). — U-Pb zircon geochronology of the Paleoproterozoic Tagrara de Tata inlier and its Neoproterozoic cover, Western Anti-Atlas, Morocco. *Precambrian Research*, **117** : 1-20.
- YAZIDI A., BENZIANE F., WALSH G.J., HARRISON R.W., SAADANE A., YAZIDI M., QUICK J.E., EL FAHSSI A., ALEINIKOFF J.N., EJJAOUANI H. & KALAI M. (2008). — Mémoire explicatif de la carte géologique du Maroc au 1/50 000, feuille Ait Sengane. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, **472 bis** : 114 p.
- ZAHOUR G. (1990). — *Etude du volcanisme Précambrien terminal d'Aït Maghlif (Siroua Nord-Est, Anti-Atlas central, Maroc). Lithostratigraphie-Pétrographie-Géochimie*. Thèse de spécialité 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech (Maroc) : 236 p.
- ZAHOUR, G. (2001). — *Le Néoprotérozoïque terminal de la boutonnière de Toubkal (Haut-Atlas Occidental) et de Siroua (Anti-Atlas Central) : un exemple de volcanisme intraplaque continental associé à un volcanisme calco-alcalin post-collisionnel*. Thèse Doct. d'Etat, Univ. Hassan II Mohammedia, Casablanca (Maroc) : 266 p.
- ZAHOUR G., CHABANE A., YOUNI N. & CABANIS B. (2000). — Le volcanisme du Néoprotérozoïque terminal de Tircht (massif ancien du Haut-Atlas occidental, Maroc) : exemples de dômes volcaniques liés à des failles volcano-tectoniques héritées du socle protérozoïque. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, **408** : 229-236.

## CORRIGENDUM 1

L'annexe – index systématique de la page 42 de l'article suivant :

Blieck A., Cuvelier J. & Oudoire T. (2013). — Euryptérides des collections de paléontologie de Lille : collections du Musée d'Histoire Naturelle de Lille (VII) et collections de l'Université Lille 1 (Catalogue I). *Ann. Soc. Géol. Nord*, 2<sup>e</sup> série, **20** : 31-42, 4 fig., 1 annexe,

doit être corrigé comme suit, avec l'indication des numéros de pages où apparaissent les taxons décrits :

### ANNEXE : INDEX SYSTEMATIQUE

<i>Adelophthalmus imhofi</i> (REUSS, 1855) .....	p. 39
<i>Adelophthalmus moyseyi</i> (WOODWARD, 1907) .....	p. 39
<i>Erieopterus brewsteri</i> (WOODWARD, 1864) .....	p. 37
<i>Erieopterus eriensis</i> (WHITFIELD, 1882) .....	p. 37
<i>Eurypterus tetragonophthalmus</i> FISCHER, 1839 .....	p. 37
<i>Eurypterus</i> sp. ....	p. 38
<i>Pterygotus anglicus</i> AGASSIZ, 1844 .....	p. 32
<i>Pterygotus anglicus</i> ? .....	p. 34
<i>Pterygotus</i> sp. ....	p. 35

## CORRIGENDUM 2

Dans le tome 20 des *Annales* (2013), certains articles font référence à des chapitres du *Mémoire XVII* de la SGN, mais avec un intitulé incorrect. La référence correcte de ce *Mémoire* est la suivante :

BLIECK A. & DE BAERE J.-P. eds. (sous presse). — La Société géologique du Nord et l'histoire des sciences de la Terre dans le nord de la France. *Mémoires de la Société géologique du Nord*, **XVII** ; Société géologique du Nord édit., Villeneuve d'Ascq.

Patrick De Wever

Avec la collaboration de  
Jean-François Buoncristiani

# Le Beau Livre de la Terre

De la formation du système solaire  
à nos jours

DUNOD



## LISTE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

Arrêtée au 8 octobre 2014 et établie et commentée par Alain BLIECK

### Membres à perpétuité

Voir la note parue dans le tome 19 (2<sup>e</sup> série) des *Annales* (2012), p. 175.

### Membres à vie (présidents d'honneur)

BRICE Denise, paléontologue, chercheuse émérite, Université Catholique de Lille – FLST & ISA, Lille (59)

ROBASZYNSKI Francis, géologue, professeur honoraire, Polytech'Mons, Mons (Belgique)

### Membres titulaires / personnes morales

ADREMAP, Association pour le Développement, la Recherche et l'Etude en matière de Minéralogie, Archéologie et Paléontologie (amateurs), Grande Synthe (59)

AGEOL, Association Géosciences de Lille 1 (étudiants), Villeneuve d'Ascq (59)

APBG, Association des Professeurs de Biologie et Géologie (enseignants du second degré), Sibiville (62)

CHARLEMAGNE Jean-Marc, Directeur de l'eau, Société des Eaux du Nord (Lyonnaise des Eaux), Lille (59)

PONCELET Benoît, directeur du Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement (CAUE) du Nord, Lille (59)

### Membres titulaires / personnes physiques

AMBERG Chloé, doctorante, UFR Sciences de la Terre, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)

AMEDRO Francis, professeur Sciences de la vie et de la Terre, Calais (62)

APPORA Irma, géologue, Palais de l'Univers et des Sciences, Cappelle-la-Grande (59)

AUGUSTE Patrick, paléontologue-archéozoologiste, chargé de recherche CNRS, UFR Sciences de la Terre, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)

AVERBUCH Olivier, géologue structuraliste, maître de conférence, UFR Sciences de la Terre, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)

BAILLON Christophe, ingénieur, Lille (59)

BALESCU Sanda, maître de conférence, UFR Géographie et Aménagement, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)

BECKARY Sophie, Service du développement durable, Ville de Lille (59)

BERGAMASCHI Sylvie, professeure Sciences de la vie et de la Terre, Beauvais (60)

BERNARD Renaud, étudiant, UFR Sciences de la Terre, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)

BERREHOUC Géraldine, géologue, Service risques urbains et sanitaires, Ville de Lille (59)

BEUN Noël, maître de conférence retraité, Université de Picardie Jules Verne, Amiens (80)

BLIECK Alain, paléontologue, directeur de recherche émérite au CNRS, UFR Sciences de la Terre, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)

BOITEL Laurence, professeure agrégée de lettres, Villeneuve d'Ascq (59)

BONAVENTURE Maryse, professeure Sciences de la vie et de la Terre retraitée, Berck-s/Mer (62)

BONAVENTURE Patrick, pharmacien retraité, Berck-s/Mer (62)

BOUCHAIN Judith, ingénieure géologue (mines et carrières), Eiffage, Machemont (60)

BOUTON Pascal, géologue, gérant d'Oolite SARL, Monnières (44)

BRETON Gérard, conservateur du patrimoine retraité, Le Havre (76)

BROQUET Paul, professeur honoraire, Université de Franche-Comté, Besançon (25)

BUDZIK Edmond, consultant, directeur de société Schistes du Nord et du Pas-de-Calais (SNPC), Givenchy-en-Gohelle (62)

CADART Raoul, professeur de SVT retraité, Roellecourt (62)

CAPETTE Ludovic, Namur (Belgique)

CHARLET Jean-Marie, professeur émérite, Polytech'Mons, Mons (Belgique)

COEN-AUBERT Marie, chercheuse, Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique (IRSNB), Bruxelles (Belgique)

COULON Annie, professeure des écoles, Chérengh (59)

COULON Hervé, géologue, Département Risques et Développement des Territoires - CEREMA - Direction Territoriale Nord Picardie (ex CETE Nord-Picardie), Sequedin (59)

CREPIN Benoît, étudiant, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)

CUIR Pierre, professeur agrégé honoraire de SVT, Ronchin (59)

CUVELIER Jessie, ingénieure d'étude CNRS, UFR Sciences de la Terre, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)

DANELIAN Taniel, paléontologue, professeur, UFR Sciences de la Terre, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)

DE BAERE Jean-Pierre, géologue, ex-Chef du Groupe Géotechnique du Laboratoire Régional de Lille, retraité du Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement (CETE) Nord-Picardie, Lambersart (59)

DELMER André, Ancien ingénieur au Corps des Mines (Belgique), Directeur honoraire du Service Géologique de Belgique, Bruxelles (Belgique)

DEROO Gérard, L'Etang La Ville (78)

DESCHODT Laurent, géoarchéologue, Mons-en-Barœul (59)

DE WEVER Patrick, professeur (patrimoine géologique), Département Histoire de la Terre, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (75)

DEZWARTE Jean-Marie, hydrogéologue retraité du BRGM, Marcq-en-Barœul (59)

DUCHAUSOIS François, professeur de SVT retraité, Neuville-Saint-Amand (02)

DUPUIS Christian, géologue, professeur, Polytech'Mons, Mons (Belgique)

EL KHATTABI Jamal, maître de conférence, Polytech'Lille (géologie de l'ingénieur), vice-président Université Lille 1 (délégué vie étudiante), Villeneuve d'Ascq (59)

- FAÿ-GOMORD Ophélie, ingénieure géologue, Wezembeek-Oppen (Belgique)
- FERRANDON Alain, retraité, Paris (75)
- GIGAUX Alain, professeur de SVT retraité, vice-président de l'APBG, Sibiville (62)
- GOEMAERE Eric, géologue, Service Géologique de Belgique, Bruxelles (Belgique)
- GOMEZ Gustave, retraité, membre de la FFAMP, Calonne-sur-la-Lys (62)
- GOURVENNEC Rémy, paléontologue, chargé de recherche CNRS, Université de Bretagne Occidentale, Brest (29)
- GRAVELEAU Fabien, géologue, maître de conférence, UFR Sciences de la Terre, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)
- GUILLOT François, chercheur associé, UFR Sciences de la Terre, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)
- GUYETANT Gaëlle, géologue, chargée de mission patrimoine géologique, Conservatoire d'Espaces Naturels du Nord et du Pas-de-Calais, Lillers (62)
- HAMELIN Arnaud, géologue, Groupe Carrières du Boulonnais, Boulogne-sur-Mer (62)
- HENNION Marie, technicienne, Biogéosciences, Université de Bourgogne, Dijon (21)
- HUBERT Benoit, maître de conférence, Université Catholique de Lille – FLST & ISA, Lille (59)
- HUVELIN Paul, Naix aux Forges (55)
- JULLIEN Claire, ingénieure hydrogéologue, Antea Group, Lezennes (59)
- KHATIR-DERYCKE Claire, paléontologue, maître de conférence, UFR Sciences de la Terre, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)
- Famille LALLEMAND Thomas, designer, Marcq-en-Barœul (59)
- LASSERRE Emilie, jardinière et animatrice, Association la Maison du Jardin, Roubaix (59)
- LAUWERS Alain, géologue, société Lhoist, Bouge (Belgique)
- LAVEINE Jean-Pierre, professeur de paléobotanique, retraité de l'Université Lille 1, conservateur universitaire au Musée d'Histoire Naturelle, Lille (59)
- LECAILLE Sybil, professeure de SVT, Néchin (Belgique)
- LEGRAND Philippe, géologue pétrolier retraité, Lempdes (63)
- LEGRAND Philippe, ingénieur géologue, retraité Exploration pétrolière, Gradignan (33)
- LEGRAND-BLAIN Marie, paléontologue, retraitée de l'université (ex-Universités d'Alger, Pau et Bordeaux 3), Gradignan (33)
- LEMOINE Guillaume, géologue et écologue, Etablissement Public Foncier du Nord – Pas-de-Calais, EuraLille (59)
- LEPLAT José, géologue, retraité du BRGM, Linselles (59)
- LESAGE Francis, retraité de l'Education nationale, membre de l'Association Echinologique et de la FFAMP, Steenwerk (59)
- LOONES Christian, paléontologue, retraité du secteur hospitalier, Loos (59)
- MAILLET Sébastien, Orchies (59)
- MAITTE Bernard, historien des sciences et cristallographe, professeur émérite, UFR de Physique, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)
- MANIA Jacky, professeur honoraire, Polytech'Lille, Villeneuve d'Ascq (59)
- MATRION Antoine, chargé de mission patrimoine, PRES Université Lille Nord de France, Lille (59)
- MATRION Bertrand, paléontologue, Association Géologique Auboise, Pont-Sainte-Marie (10)
- MAURIAUD Pierre, géologue, General Manager Xuancheng Shale Gas Project, Total (China), Nanjing (Chine)
- MAVEL Joris, ingénieur d'étude eau, Antea Group, Lezennes (59)
- MEILLIEZ Francis, géologue, professeur émérite, UFR Sciences de la Terre, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)
- MISTIAEN Bruno, paléontologue, professeur émérite, Université Catholique de Lille – FLST & ISA, Lille (59)
- MONNET Claude, paléontologue, ingénieur de recherche, UFR Sciences de la Terre, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)
- MORTIER Thierry, Polytech'Mons, Mons (Belgique)
- MOTTEQUIN Bernard, enseignant-chercheur, Département de géologie, Université de Liège, Sart Tilman (Belgique)
- MOULLET Jean-Marc, La Madeleine (59)
- NICOLLIN Jean-Pierre, paléontologue, professeur, Université Catholique de Lille, Groupe ISA, Lille (59)
- NOLF Dirk, chef de travaux honoraire, Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique (IRSNB), Sint-Andries (Belgique)
- OUALI MEHADJI Abdelkader, enseignant-chercheur, Université d'Oran (Algérie)
- OUDOIRE Thierry, conservateur du patrimoine, Musée d'Histoire Naturelle, Lille (59)
- PAMART Laëticia, enseignante, Jolimetz (59)
- PINTE Emilie, enseignant-chercheur, Université Catholique de Lille, Groupe ISA, Lille (59)
- PINTE Pierre, géologue, responsable Q.S.E. Carrières, Eiffage Travaux Publics Est, Noyelles-Godault (62)
- PLATEVOET Richard, professeur retraité de l'Education nationale, Douai - Lauwin Plancke (59)
- POTY Edouard, géologue, professeur, Département de géologie, Université de Liège, Sart Tilman (Belgique)
- PRUDHOMME Agnès, PRAG (professeure agrégée), UFR Sciences de la Terre, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)
- QUESNEL Bernard, retraité de l'enseignement technique, Calais (62)
- REYNAUD Jean-Yves, professeur, UFR Sciences de la Terre, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)
- RICOUR Jean, ingénieur géologue, retraité du BRGM, Marseille (13)
- ROBITAILLE Yves, ingénieur géologue, Groupe Carrières du Boulonnais, Ferques (62)
- ROHART Jean-Claude, retraité de l'enseignement du second degré (professeur de SVT), Dunkerque (59)
- ROUGE Jacques, géologue, retraité de GDF Suez, Lompret (59)
- RUCAR Joaquim, professeur de SVT, Lille (59)
- SARTENAER Paul, paléontologue, retraité, Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique (IRSNB), Bruxelles (Belgique)
- SCHIETTECATE Jean, géologue pétrolier, retraité du Groupe Shell, Mouvaux (59)
- SCHRAEN Patrick, Villeneuve d'Ascq (59)
- SOMME Jean, professeur émérite, UFR Géographie et Aménagement, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)

- STYZA André, ingénieur automaticien, formateur au Campus Véolia Nord Europe, Lomme (59)  
 SWIALKOWSKI Mickaël, professeur de SVT, Lesquin (59)  
 TIEGHEM Gilbert, Wattrelos (59)  
 TRENTESAUX Alain, géologue, professeur, UFR Sciences de la Terre, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)  
 VAN WELDEN Aurélien, Mouchin (59)  
 VANDENBERGHE Noël, géologue, professeur émérite, Katholieke Universiteit Leuven (Belgique)  
 VANDYCKE Sara, géologue, professeure, Polytech'Mons, Mons (Belgique)  
 VERGNE Virginie, maître de conférences, UFR de Géographie et Aménagement, Université Lille 1, Villeneuve d'Ascq (59)  
 VERNIERS Jacques, paléontologue, professeur, Universiteit Gent (Belgique)  
 VIDIER Diane, géologue, retraitée de la SNCF, Coulogne (62)  
 VILLAIN Alain, "lithothécaire", Président de "Escaut Vivant / Levende Schelde", Valenciennes (59)  
 VREULX Michel, professeur de SVT, Lille (59)  
 YANS Johan, géologue, professeur, Département de géologie, Université de Namur (Belgique)  
 ZERHOUNI Youssef, professeur, Faculté des Sciences Ben Msik, Université de Casablanca (Maroc)

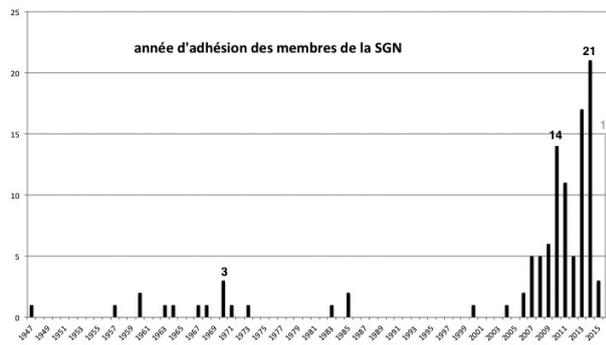


Fig. 1. — Nombre de membres de la SGN par année d’adhésion, obtenu à l’issue de l’enquête menée au cours du premier semestre 2014. Commentaires dans le texte.

Fig. 1. — Number of SGN members per adhesion years, after the survey proceeded along the first semester of 2014. Comments in the text.

A la date d’établissement de cette liste, la SGN compte 122 membres (deux membres à vie et 120 membres titulaires). Après la chute drastique des adhésions de la fin des années 1990 et du début des années 2000 (Blieck *et al.*, 2014), un regain d’intérêt pour la Société s’est traduit par une reprise des adhésions, marquée surtout à partir de 2006 (Fig. 1) au moment de la “reprise en mains” de la Société par Francis Robaszynski, président en 2006-2008, puis Francis Amédéo, président en 2008-2010. On constate ainsi que la SGN compte 16 membres ayant adhéré en 1985 ou antérieurement, le plus ancien déclaré étant M. André Delmer, ancien ingénieur au Corps des Mines de Belgique et Directeur honoraire du Service Géologique de Belgique à Bruxelles, membre depuis 1947. M. Delmer est connu, entre autres, pour ses travaux sur les bassins houillers du sud de la Belgique et du nord de la France. On notera en particulier la communication orale qu’il a présentée devant la SGN le 4 mai 2011 au cours de la séance en l’honneur de Jacques Chalard (ancien ingénieur des Houillères du Nord – Pas-de-Calais, membre SGN décédé en 2010 : Laveine & Cuvelier, 2011), et portant sur la “Structure d’ensemble du Bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais et de la Belgique occidentale – Origine du conglomérat de Roucourt”, ainsi que son dernier article paru sur le sillon houiller de Haine – Sambre-et-Meuse (Delmer *et al.*, 2013). La figure 1 montre également dans cette série d’avant 1986 un ensemble d’adhésions s’étalant de 1957 à 1973, période qui correspond au maximum du nombre de membres SGN (Blieck *et al.*, 2014, fig. 10) et à une période d’importante activité éditoriale (*ibid.*, fig. 9). Cette quinzaine de membres est donc, comme M. Delmer, restée fidèle à la SGN. Il est même vraisemblable que davantage d’adhésions à la SGN datent de cette période puisque la figure 1 montre quinze membres pour lesquels l’année d’adhésion n’est pas renseignée (non réponse à l’enquête ou oubli). Certains de ceux-ci sont d’anciens membres dont l’année d’adhésion ne pourrait être retrouvée qu’en analysant les listes publiées dans les *Annales*. Néanmoins, la liste des membres n’ayant pas été publiée entre 1989 et 2010 (Blieck *et al.*, 2014, fig. 10), les renseignements concernant cette période ne peuvent provenir que des archives administratives de la SGN, stockées dans son local du bâtiment des Sciences de la Terre (SN5) de l’Université Lille 1 — une recherche qui reste à faire. Le plus grand nombre de nouvelles adhésions a été enregistré en 2014 (21, Fig. 1). Trois sont comptabilisées pour l’année 2015, il s’agit de nouveaux membres présentés en réunions du Conseil d’administration en 2014 mais qui seront officiellement élus au cours de l’Assemblée générale de février 2015.

## BIBLIOGRAPHIE

- BLIECK A. avec la collaboration de BRICE D., CHARVET J., CUVELIER J., DE BAERE J.-P., DHAINAUT A., MATRION A., MEILLIEZ F., MISTIAEN B., OUDOIRE T., RICOUR J., SOMMÉ J. & TRENTESAUX A. (2014). — La Société géologique du Nord et les sciences de la Terre dans le nord de la France : science, industrie et société. In : BLIECK A. & DE BAERE J.-P. (eds), La Société géologique du Nord et l’histoire des sciences de la Terre dans le nord de la France. *Mémoires de la Société géologique du Nord*, **XVII** : 3-40.
- DELMER A. avec contributions de VANDYCKE S. & DELCAMBRE B. (2013). — L’orogénèse varisque dans le sillon houiller de Haine – Sambre-et-Meuse. *Geological Survey of Belgium, Professional Paper 2013/2*, **315** : 44 p.
- LAVEINE J.-P. & CUVELIER J. (2011). — Jacques Chalard (1921-2010). *Annales de la Société géologique du Nord*, 2<sup>e</sup> série, **18** : 3-9.

## La Société Géologique du Nord, une maison d'édition



Anticlinal de la Crèche dans les dépôts du Jurassique supérieur au nord de Boulogne-sur-Mer  
© Alain Trentesaux, 2006

La Société géologique du Nord publie :

- des *Annales* : 148 tomes de 1870 à 2014, dont de nombreux fascicules thématiques : géologie du nord de la France (générale et thématique), tectonique (rupture des roches et massifs rocheux, tectonique cassante), Paléozoïque, géologie du Gondwana (générale et thématique : Dévonien de l'Ougarta au Sahara, Paléozoïque moyen du Gondwana du Nord, Paléozoïque de l'Iran, Paléozoïque inférieur de la Montagne Noire), géologie de l'Europe, énergie et matières premières, géologie de l'Ardenne ... ; certains de ces fascicules sont des fascicules jubilaires (Centenaire de la SGN, Centenaire du Musée Gosselet) ;
- des *Publications* spéciales : 33 tomes depuis 1977 : Dinarides, arc égéen, Hellénides, Atlantique Sud, Afghanistan, Rocheuses canadiennes, Chaîne caraïbe du Vénézuéla, Pyrénées, Massif ardennais, Océan Indien Nord, fosse vocontienne, Maroc et Espagne, Oural méridional (Russie), Massif du Cantal, bassins de Paris et du sud-est de la France ... Plusieurs *Publications* relèvent de la paléontologie : paléobotanique du Carbonifère, radiolaires du Trias-Lias, foraminifères, récifs dévoniens, vertébrés paléozoïques ; d'autres traitent d'objets ou événements géologiques : minéraux argileux, aquifère crayeux, événement anoxique cénomaniens, modélisation hydrodynamique des eaux souterraines ...
- des *Mémoires* : 25 mémoires de 1876 à 1983 ; cette série est reprise avec le tome XVII sur l'histoire de la SGN et des sciences de la Terre dans le nord de la France (parution en décembre 2014) ;
- des *Tables Générales* : cinq ont été publiées ; la 6<sup>e</sup> a été mise en ligne en janvier 2013 et imprimée dans le tome 20 des *Annales* en décembre 2013.

Catalogue accessible à l'adresse suivante :

<http://geosystemes.univ-lille1.fr/sgn.php?page=Publications>

## ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

### INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

#### *Ligne éditoriale*

Les *Annales de la Société Géologique du Nord* sont une revue annuelle consacrée à tous les aspects de la recherche en Sciences de la Terre (géosciences). Elles publient des résultats originaux consacrés en particulier au nord de la France et aux régions limitrophes. Cependant, des résultats issus d'autres régions françaises et d'autres pays y trouvent aussi leur place. Les *Annales* peuvent publier aussi des fascicules thématiques sous la responsabilité d'un ou de plusieurs éditeurs invités.

#### *Informations générales*

Soumettre un article pour publication aux *Annales* implique que celui-ci n'ait pas été soumis à une autre revue. Un formulaire de cession des droits d'auteur devra être signé avant l'acceptation définitive du « manuscrit », en particulier pour autoriser la mise en ligne sur Internet des articles des *Annales*. Les droits de reproduction des articles, y compris de leurs illustrations, sont réservés à la revue. La reproduction en nombre de tout ou partie d'un article doit faire l'objet d'une demande écrite préalable ou d'un courriel adressé à la Rédaction.

Les aspects nomenclaturaux des articles de systématique (paléontologie) devront se conformer aux recommandations des éditions les plus récentes des divers codes internationaux de nomenclature des organismes : *Code international de nomenclature zoologique*, *Code international de nomenclature botanique*, *Code international de nomenclature des bactéries*, taxonomie des virus (*classification Baltimore* ou classification de l'*International Committee on Taxonomy of Viruses*), ...

Les spécimens types des organismes fossiles et autres spécimens décrits, figurés et/ou mentionnés dans les articles des *Annales* doivent être enregistrés et déposés dans une institution de statut national qui seule peut en assurer la conservation et l'accessibilité. Les numéros d'inventaire doivent être précisés.

Les objets et sites stratigraphiques décrits, figurés et/ou mentionnés dans les articles des *Annales* doivent se conformer à l'édition la plus récente du *Guide stratigraphique international* (guide de classification, terminologie et procédure en stratigraphie) de l'Union Internationale des Sciences Géologiques : <http://www.iugs.org/>.

Chaque manuscrit est évalué par au moins deux rapporteurs. L'auteur peut suggérer au comité éditorial des *Annales* les noms de deux relecteurs avec leurs coordonnées (courriel, adresse, téléphone).

#### *Structure et format des « manuscrits »*

Soumission : Les « manuscrits » doivent suivre rigoureusement les recommandations aux auteurs et sont adressés à la revue :

### **SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD**

c/o Université Lille 1 – Sciences et Technologies

UFR des Sciences de la Terre, bâtiment SN5

F-59655 Villeneuve d'Ascq cedex (France)

Directeur de la Publication : [sgn-edition@univ-lille1.fr](mailto:sgn-edition@univ-lille1.fr)

Les « manuscrits » (textes et illustrations) seront soumis par voie électronique au format 'doc' de préférence. Tout manuscrit non conforme peut être retourné.

Structure : Le texte doit être traité avec la police Times ou Times New Roman, taille 12, à double interligne avec des marges d'au moins 2,5 cm. Chaque page doit être numérotée. Il est recommandé aux auteurs de se reporter à un fascicule récent des *Annales*.

Les articles sont rédigés en français ou en anglais de style scientifique. Les auteurs francophones se reporteront à l'ouvrage suivant : David L. 2011 – *Ecrire les sciences de la nature. Tout ce qu'il faut savoir pour rédiger mémoires, thèses & articles*. Vuibert et Soc. Géol. Fr. édit., coll. « Interactions » : 217 p. ; Paris. Les articles en français doivent respecter les règles du « **Lexique des règles typographiques en usage à l'Imprimerie nationale** » : <http://j.poitou.free.fr/pro/html/typ/resume.html>. Les articles en anglais pourront suivre les conseils de Lindemann & Cartwright (2000) : <http://www.skidmore.edu/~mmarx/sewid/geosci.htm>. Ils doivent comporter les rubriques suivantes :

- Titre en français ;
- Titre en anglais (traduction exacte) ;
- Prénom(s) et NOM(S) de(s) auteur(s) avec en appel (\*) leur(s) adresse(s) professionnelle(s) et électronique(s) ;
- Résumé en français n'excédant pas 350 mots ;
- Abstract en anglais (traduction exacte) ;
- 5 mots clés en français ;
- 5 key words en anglais (traduction exacte) ;
- Texte de l'article avec la chronologie suivante des titres :

#### **I. — INTRODUCTION ;**

##### **1) Historique ;**

##### *a) Premières études ;*

éventuellement un paragraphe de remerciements mentionnant les rapporteurs.

- Dans le texte courant, les références aux illustrations et/ou aux tableaux de l'article seront présentés de la façon suivante : (Fig. 1), (Fig. 2A-B), (Fig. 5-6), (Pl. I), (Pl. II, fig. 1a), (Tabl. 1) ; les références aux auteurs seront au format suivant : Dupont (1971), Dupont (2005, fig. 7), (Dupond, 1956), (Dupond, 1956, 1981), Dupont & Martin (2003), (Dupont & Martin, 2003), Dupont & Dupont (1934, p. 45) ;

- De même, dans le texte courant, les auteurs suggéreront l'emplacement souhaitable de leurs illustrations par la mention suivante, écrite **en rouge et gras** : [**Insérer ici Fig. X (ou Tabl. Y) sur 1 (ou 2) colonne(s)**]

- La présentation des descriptions systématiques doit se conformer aux usages courants dans les revues de paléontologie : nom du taxon avec auteur et date, synonymie, matériel type, étymologie, matériel étudié, niveau stratigraphique type, localité type, diagnose, description, comparaisons; utiliser nov. sp., nov. gen., nov. fam., nov. comb., etc. ; utiliser les italiques pour les noms de genres et d'espèces ; dans la mesure du possible, les références bibliographiques des auteurs de noms de taxons cités doivent figurer dans la liste bibliographique ;

- Bibliographie dans l'ordre alphabétique suivant la forme ci-dessous :

NOM Initiale du prénom, 2<sup>ème</sup> NOM Initiale du prénom, etc. (Année). — Titre. *Revue*, **Volume** [en gras] : pages.

NOM Initiale du prénom, 2<sup>ème</sup> NOM Initiale du prénom, etc. (Année). — *Titre du livre ou du volume*. Collection [facultatif] ; Editeur, Ville : pages.

NOM Initiale du prénom, 2<sup>ème</sup> NOM Initiale du prénom, etc. (Année). — Titre. *In* : NOM Initiale du prénom, 2<sup>ème</sup> NOM Initiale du prénom, etc. (ed.), *Titre du livre ou du volume*. Collection [facultatif] ; Editeur, Ville : pages.

NOM Initiale du prénom, 2<sup>ème</sup> NOM Initiale du prénom, etc. (Année). — Titre. *In* : NOM Initiale du prénom, 2<sup>ème</sup> NOM Initiale du prénom, etc. (ed.), *Titre du volume ou du fascicule*. *Revue*, **Volume** [en gras] : pages.

NOM Initiale du prénom (Année). — *Titre de la thèse*. Université, Nom du diplôme (Date) : pages.

- Les légendes des illustrations et des tableaux (Exemple : Fig. 1. — ; Tabl. I. —) sur une ou des feuilles séparées avec l'indication des échelles et la signification des abréviations, en français et en anglais.

**Illustrations** : les figures, tableaux et/ou planches sont au format 'jpeg' avec une bonne résolution (2000 pixels de large pour une page verticale). La taille des figures ou planches ne doit pas être supérieure à 165 mm de large sur 240 mm de haut (sur deux colonnes) ou 80 mm de large sur 240 mm de haut (sur une seule colonne). Des illustrations en couleurs pourront être publiées moyennant une participation financière des auteurs suivant la facturation de l'imprimeur.

**Epreuves** : Les épreuves seront adressées sous forme de fichiers 'pdf' à l'auteur correspondant et devront être retournées corrigées dans un délai raisonnable.

**Diffusion des articles des *Annales*** : Les tirages-à-part sur papier des articles des *Annales* ont été abandonnés depuis quelques années ; désormais, les articles sont distribués aux auteurs sous le format électronique 'pdf' aux conditions suivantes :

- pour un 1<sup>er</sup> auteur membre de la SGN : pdf gratuit (sous réserve que l'auteur se sera acquitté des frais de dépassement au cas où l'article ferait plus de 8 ou 10 pages — voir ci-dessous) ;

- pour un 1<sup>er</sup> auteur non-membre : pdf gratuit (sous réserve que l'auteur se sera acquitté des frais de publication appliqués aux non-membres — voir ci-dessous).

Pour toute autre personne désirant acquérir un article des *Annales*, il lui sera fourni au format pdf contre la somme de 20 € (tarif réduit de 10 € pour un étudiant sur présentation d'un justificatif).

### **Droits d'auteurs / copyright**

Dans tous les cas, si une illustration comporte un ou des éléments d'origine extérieure à l'auteur (photo ou dessin repris d'un autre article par exemple), l'origine de cet élément ou de ces éléments doit être indiquée clairement (auteur, année, référence, éditeur, copyright, etc.). De la même façon, si un extrait de texte d'un autre article ou chapitre de livre ou article issu du World Wide Web est cité dans le texte, l'origine de cet extrait doit être indiquée clairement (auteur, année, référence, éditeur, copyright, etc.).

*Pour de plus amples informations sur la réalisation technique d'un article, vous pouvez consulter le Directeur de la Publication : [sgn-edition@univ-lille1.fr](mailto:sgn-edition@univ-lille1.fr), qui transmettra à l'imprimeur.*

## **Conditions de publication aux Annales**

**Il faut normalement être à jour de 3 années de cotisation + abonnement à la Société pour pouvoir soumettre un article aux *Annales* dans les conditions accordées aux membres.** Une seule cotisation annuelle ne suffit pas. La franchise accordée annuellement est de 8 pages [texte, illustrations et bibliographie compris - une page complète des *Annales* comportant environ 8 200 caractères et espaces] pour les membres de la SGN à jour de leur cotisation + abonnement ; cette franchise peut être portée à 10 pages si plusieurs co-signataires de la même note sont membres de la Société (à jour de leur cotisation + abonnement). Le prix de la page de texte de dépassement est fixé à 12 €, avec une possibilité de réduction de la facturation au cas par cas, sur décision du Conseil d'administration (\*) ; la planche N&B est à 24 € ; la planche et/ou les figures et illustrations couleur au prix coûtant facturé par l'imprimeur. Pour les non-membres, le prix d'une page aux *Annales* est de 37 € ; la planche N&B est à 50 € ; la planche et/ou les figures et illustrations couleur au prix coûtant facturé par l'imprimeur.

(\*) Si un article qui a été sollicité par la SGN dépasse les 8 ou 10 pages de franchise, la Société peut envisager d'en prendre en charge au moins une partie. Ce point est négociable.

*Pour toute question complémentaire, veuillez contacter le Directeur de la Publication : [sgn-edition@univ-lille1.fr](mailto:sgn-edition@univ-lille1.fr), ou le Président de la Société : [sgn-president@univ-lille1.fr](mailto:sgn-president@univ-lille1.fr).*

## ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

### INSTRUCTIONS TO AUTHORS

#### *Scope of the journal*

The *Annales de la Société Géologique du Nord* are a yearly journal devoted to various aspects of Earth Sciences (Geosciences). It publishes original results particularly on northern France and surrounding regions. However, results from other French regions and from other countries are welcome. Thematic issues may be published under the responsibility of one or several guest editors.

#### *General information*

The submission of a manuscript to the *Annales* implies that it is not being simultaneously offered for publication elsewhere. A copyright assignment form must be signed before the final acceptance, particularly in order to authorize the online publication of the papers. Copyright of the published papers, including illustrations, becomes the property of the journal. Requests to reproduce in great number part or whole of a paper from the *Annales* should be addressed to the Editor, either by surface mail or by e-mail.

Nomenclatural aspects of systematic (palaeontological) papers should follow the recommendations of the most recent editions of the international codes of organismal nomenclature : *International Code of Zoological Nomenclature*, *International Code of Botanical Nomenclature*, *International Code of Nomenclature of Bacteria*, virus classification (*Baltimore Classification* or *International Committee on Taxonomy of Viruses*), ...

Preservation of type specimens of fossil organisms, and other specimens which are described, figured and/or mentioned in the *Annales* papers must be registered and deposited in an appropriate national institution, with staff and facilities capable of ensuring their conservation and availability for future reference in perpetuity. Their collection numbers should be indicated.

The geological objects and stratigraphic sites which are described, figured and/or mentioned in the *Annales* papers must follow the most recent edition of the *International Stratigraphic Guide* (A guide to stratigraphic classification, terminology and procedure) of the International Union of Geological Sciences: <http://www.iugs.org/>.

Each manuscript will be reviewed by at least two referees. The author may suggest to the *Annales* editorial committee the names and coordinates (e-mail, address, phone) of two referees.

#### *Structure and format of the « manuscripts »*

Submission: Manuscripts conforming strictly to the present instructions should be sent to the journal:

### **SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD**

c/o Université Lille 1 – Sciences et Technologies

UFR des Sciences de la Terre, bâtiment SN5

F-59655 Villeneuve d'Ascq cedex (France)

Directeur de la Publication : [sgn-edition@univ-lille1.fr](mailto:sgn-edition@univ-lille1.fr)

Manuscripts (text and illustrations) are to be submitted by e-mail, preferably with a 'doc' format. Manuscripts that do not conform to the present instructions will be returned.

Structure: The text must be processed with a Times or Times New Roman font, size 12, double spaced, with margins of at least 2,5 cm. All pages must be numbered. To complete these instructions, please refer to a recent issue of the *Annales*.

Papers are to be written in simple, concise and scientific French or English. French authors should follow the following book: David L. 2011 – *Ecrire les sciences de la nature. Tout ce qu'il faut savoir pour rédiger mémoires, thèses & articles*. Vuibert et Soc. Géol. Fr. édit., coll. « Interactions » : 217 p. ; Paris. French papers must respect the rules of the « **Lexique des règles typographiques en usage à l'Imprimerie nationale** » : <http://j.poitou.free.fr/pro/html/typ/resume.html>. English papers could follow the instructions of Lindemann & Cartwright (2000) : <http://www.skidmore.edu/~mmarx/sewid/geosci.htm>. They should be organized as follows:

- Title in English;
- Title in French (exact translation);
- First name(s) and surname(s) of author(s), followed by their full professional address(es) and e-mail(s);
- Abstract in English, no more than 350 words long;
- Résumé in French (exact translation, the journal may provide help for translation);
- 5 key words in English;
- 5 mots clés in French (exact translation);
- Text of the article, in the following order:

#### **I. — INTRODUCTION ;**

##### **1) Historical context ;**

###### *a) First studies ;*

and eventually a section of acknowledgements with reference to the referees.

- References to illustrations and/or tables in the text will be indicated as follows: (Fig. 1), (Fig. 2A-B), (Fig. 5-6), (Pl. I), (Pl. II, fig. 1a), (Tabl. 1); references to authors will be presented as follows: Dupont (1971), Dupont (2005, fig. 7), (Dupont, 1956), (Dupont, 1956, 1981), Dupont & Martin (2003), (Dupont & Martin, 2003), Dupont & Dupont (1934, p. 45);

- Authors will suggest the desirable location of their illustrations in the text by writing the following information, **in red bold characters** : [Insert here Fig. X (or Table Y) on 1 (or 2) column(s)]

- Each systematic description should be arranged as is usual in most palaeontological journals, that is: name of the taxon with author and date, synonymy, type material, etymology, material examined, type horizon, type locality, diagnosis, description, remarks; use nov. sp., nov. gen., nov. fam., nov. comb., etc.; use italics for names of genera and species; as much as possible, bibliographic references of the authors of taxon names must be listed in the bibliographical list;

- Bibliographical references should be presented in alphabetical order as follows:

NAME First name initial(s), 2<sup>nd</sup> NAME First name initial(s), etc. (Year). — Title. *Journal*, **Volume** [in bold] : pages.

NAME First name initial(s), 2<sup>nd</sup> NAME First name initial(s), etc. (Year). — *Book or issue title*. Collection [eventually]; Publisher, Town : pages.

NAME First name initial(s), 2<sup>nd</sup> NAME First name initial(s), etc. (Year). — Title. *In*: NAME First name initial(s), 2<sup>nd</sup> NAME First name initial(s), etc. (ed.), *Book or issue title*. Collection [eventually]; Publisher, Town : pages.

NAME First name initial(s), 2<sup>nd</sup> NAME First name initial(s), etc. (Year). — Title. *In*: NAME First name initial(s), 2<sup>nd</sup> NAME First name initial(s), etc. (ed.), *Book or issue title*. *Journal*, **Volume** [in bold] : pages.

NAME First name initial(s) (Year). — *Thesis title*. University, Degree title (Date) : pages.

- Captions of illustrations and tables (e.g., Fig.1. — ; Tabl. I. —), on a separate sheet, should include abbreviations and scale values, both in English and French.

**Illustrations:** Figures, tables and/or plates are provided with a 'jpeg' format with a good definition (2000 pixels wide for a vertical page). Size of figures and plates will not exceed 165 mm width x 240 mm height (for two columns), or 80 mm width x 240 mm height (for a single column). Colour illustrations may be published if a financial contribution is provided by the author(s), in agreement with rating of the printer.

**Proofs:** Proofs will be sent as 'pdf' files to the corresponding author, and will have to be corrected and returned in a reasonable time.

**Distribution of the *Annales* papers:** Hard copies or separates (offprints) are no more provided; papers are now distributed as 'pdf' files at the following conditions:

- if the first author is a SGN member, the pdf is free of charge (subject to the payment by the author of expenses in case of papers of more than 8 or 10 pages — see here below) ;

- if the first author is not a SGN member, the pdf is free of charge (subject to the payment by the author of publishing expenses as applied to non-members — see here below).

For any other individual who wants to get a paper from the *Annales*, the latter will be provided as a pdf file after payment of 20 € (a reduced rate of 10 € is applicable for a student with a regular student ID).

#### **Author's rights / copyright**

In all cases, if an illustration includes one or several elements that are not from the author him(her)self (as, e.g., a photograph or a drawing copied after another paper), the origin of this element or these elements must be clearly indicated (author, year, reference, publisher, copyright, etc.). In the same way, if part of a text coming from another paper or chapter of a book or an article posted on the World Wide Web is cited in the text, the origin of this part must be clearly indicated (author, year, reference, publisher, copyright, etc.).

For more informations on the technical processing of a paper, please contact the Editor-in-chief: [sgn-edition@univ-lille1.fr](mailto:sgn-edition@univ-lille1.fr), who will transmit to the publisher.

### **Conditions for publishing in the *Annales***

**To be subject to conditions applied to members of the Société Géologique du Nord, the author must have been a regular paying member (annual subscription to the Society + annual subscription to the *Annales*) for at least three years to be authorized to submit a paper to the *Annales*.** A single yearly subscription is not enough. Under such conditions, each SGN member may publish a 8 page-long paper per year, free of charge [including text, illustrations and reference list — one full page of text of the *Annales* includes ca. 8200 characters and spaces]. In case of more than one author, and if at least two are SGN members (having paid their subscriptions to the Society and the *Annales*), the paper may be 10 page-long, free of charge. Each exceeding text page is rated at 12 €; in case of too many pages, there is a possibility of a reduced rate after submission to and decision of the Executive Committee of the Society (\*); a black-and-white plate is rated at 24 €; a colour plate and/or illustrations (figures) are paid in agreement with rating by the printer. For non-members, one text-page is rated at 37 €; a black-and-white plate at 50 €; and a colour plate and/or illustrations (figures) in agreement with rating by the printer.

(\*) In case of a paper which has been asked for by the Society, and is more than 8 or 10 page-long, part or whole of the extra-expenses may be paid by the Society. This is negotiable.

For any complementary question, please contact the Editor-in-chief: [sgn-edition@univ-lille1.fr](mailto:sgn-edition@univ-lille1.fr), or the President of the Society : [sgn-president@univ-lille1.fr](mailto:sgn-president@univ-lille1.fr).





## Mémoires de la Société Géologique du Nord : tomes disponibles

<b>Tome I</b>	n° 1. — Ch. BARROIS, Recherches sur le terrain crétacé de l'Angleterre et de l'Irlande, 1876, 232 p. ....	30,00 €
	n° 2. — P. FRAZER, Géologie de la partie Sud-Est de la Pennsylvanie, 1882, 178 p. ....	25,00 €
	n° 3. — R. ZEILLER, Mémoire sur la flore houillère des Asturies, 1882, 24 p. ....	2,50 €
<b>Tome VI</b>	n° 1. — P. BERTRAND, Etude du stipe de l' <i>Adelophyton jutieri</i> , B. Renault, 1907, 38 p., 4 pl. ....	7,00 €
<b>Tome VIII</b>	n° 2. — Ed. LEROUX, Le tunnel de l'Ave Maria, 1929, 50 p., 5 pl. ....	10,00 €
<b>Tome IX</b>	n° 1. — G. DUBAR, Etude sur le Lias des Pyrénées françaises, 1925, 332 p., 7 pl. ....	30,00 €
<b>Tome X</b>	n° 2. — J. LAVERDIERE, Terrains paléozoïques des Pyrénées occidentales, 1931, 132 p., 8 pl. ....	14,00 €
<b>Tome XII</b>	— D. LE MAITRE, Faune des calcaires dévoniens du Bassin d'Anceins, 1934, 268 p., 18 pl. ....	30,00 €
<b>Tome XIII</b>	— P. BRICHE <i>et al.</i> , Flore infraliasique du Boulonnais, 1963, 145 p., 11 pl. ....	25,00 €
<b>Tome XIV</b>	— G. WATERLOT, Les Gigantostacés du Siluro-Dévonien de Liévin, 1966, 23 p., 5 pl. ....	7,00 €
<b>Tome XV</b>	— J. MANIA, Gestion des Systèmes aquifères. Application au Nord de la France, 1978, 228 p. ....	15,00 €
<b>Tome XVI</b>	— A. BOUROZ <i>et al.</i> , Essai de synthèse des données acquises sur la genèse et l'évolution des marqueurs pétrographiques dans les bassins houillers [ <i>en Français et en Anglais</i> ], 1983, 74 p., 10 pl. ....	20,00 €
<b>Tome XVII</b>	— A. BLIECK & J.-P. DE BAERE (eds), La Société géologique du Nord et l'histoire des sciences de la Terre dans le nord de la France, parution fin 2014. ....	40,00 €

## Publications de la Société Géologique du Nord : tomes disponibles

<b>Publication N° 1.</b>	— J. CHOROWICZ (1977) Etude géologique des Dinarides le long de la transversale Split-Karlovac (Yougoslavie), 331 p., 10 pl., 1 carte hors texte. ....	10,00 €
<b>Publication N° 2.</b>	— J. CHARVET (1978) Essai sur un orogène alpin : Géologie des Dinarides au niveau de la transversale de Saravejo (Yougoslavie), 554 p., 21 pl., 1 carte hors texte. [ <b>volume de texte épuisé ; carte disponible</b> ] ....	5,00 €
<b>Publication N° 3.</b>	— J. ANGELIER (1979) Néotectonique de l'arc égéen, 417 p., 29 pl. ....	11,00 €
<b>Publication N° 4.</b>	— J.-J. FLEURY (1980) Les zones de Gavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonos (Grèce continentale et Péloponnèse du Nord). Evolution d'une plate-forme et d'un bassin dans leur cadre alpin ; 2 vol., 651 p., 10 pl., cartes hors texte. ....	12,00 €
<b>Publication N° 5.</b>	— M. COUSIN (1981) Les rapports Alpes-Dinarides. Les confins de l'Italie et de la Yougoslavie ; 2 vol., 521 + 521 p. ....	12,00 €
<b>Publication N° 6.</b>	— F. THIEBAULT (1982) L'évolution géodynamique des Héliénides externes en Péloponnèse méridional (Grèce) ; 2 vol., 574 p., cartes hors texte. ....	14,00 €
<b>Publication N° 7.</b>	— P. DE WEVER (1982) Radiolaires du Trias et du Lias de la Téthys (Systématique, Stratigraphie) ; 2 vol., 599 p., 58 pl. ....	13,00 €
<b>Publication N° 8.</b>	— J. FERRIERE (1982) Paléogéographie et tectoniques superposées dans les Héliénides internes : les massifs de l'Othrys et du Pélion (Grèce continentale) ; 2 vol., 970 p. ....	14,00 €
<b>Publication N° 9.</b>	— H. MAILLOT (1983) Les Paléoenvironnements de l'Atlantique Sud : Apport de la géochimie sédimentaire, 316 p. ....	9,00 €
<b>Publication N° 10.</b>	— Cl. BROUSMICHE (1983) Les Fougères sphénoptériennes du Bassin Houllier Sarro-Lorrain (Systématique – Stratigraphie) ; 2 vol., 480 p., 100 pl. ....	15,00 €
<b>Publication N° 11.</b>	— B. MISTIAEN (1985) Phénomènes récifaux dans le Dévonien d'Afghanistan (Montagnes Centrales). Analyse et systématique des Stromatopores ; 2 vol., 381 p. + 5 pl., 245 p. + 20 pl. ....	15,00 €
<b>Publication N° 12.</b>	— T. HOLTZAPFFEL (1986) Les minéraux argileux. Préparation, analyses diffractométriques et détermination ; 136 p. ....	6,00 €
<b>Publication N° 13.</b>	— J.-L. MANSY (1986) Géologie de la Chaîne d'Omineca des Rocheuses aux Plateaux intérieurs (Cordillère Canadienne). Evolution depuis le Précambrien ; 2 vol., 718 p., 387 fig., 49 tabl., cartes hors texte. ....	15,00 €
<b>Publication N° 14.</b>	— C. BECK (1986) Géologie de la Chaîne Caraïbe au méridien de Caracas (Venezuela) ; 462 p., 4 pl., 1 carte hors texte. ....	10,00 €
<b>Publication N° 15.</b>	— J.-M. DEGARDIN (1988) Le Silurien des Pyrénées : Biostratigraphie, Paléogéographie ; 506 p., 16 pl. ....	10,00 €
<b>Publication N° 16.</b>	— J. SIGAL (1989) Les recherches sur les Foraminifères fossiles en France des environs de 1930 à l'immédiat après-guerre ou : « avant l'oubli », 107 p. ....	7,00 €
<b>Publication N° 17.</b>	— F. DELAY (1990) Le massif nord-pyrénéen de l'Agly (Pyrénées Orientales) : Fasc. 1 : Evolution tectono-métamorphique – Exemple d'un amincissement crustal polyphasé ; Fasc. 2 : Etude conceptuelle, fonctionnelle et organique de traitement informatique des microanalyses chimiques ; Fasc. 3 : Notice et carte géologiques en couleurs au 1/25 000 ; 3 vol., 393 + 152 + 34 p., carte hors texte sur CD. ....	27,00 €
<b>Publication N° 18.</b>	— A. KHATIR (1990) Structuration et déformation progressive au front de l'allochtone ardennais (Nord de la France) ; 293 p., cartes et coupes hors texte. ....	11,00 €
<b>Publication N° 19.</b>	— C. LAMOUREUX (1991) Les mylonites des Pyrénées. Classification. Mode de formation. Evolution ; 371 p., 9 pl. ....	11,00 €
<b>Publication N° 20.</b>	— G. MAVRIKAS (1993) Evolution Crétacée-Eocène d'une plate-forme carbonatée des Héliénides externes. La plate-forme des Ori Valtou (« massif du Gavrovo », Zone de Gavrovo-Tripolitza (Grèce continentale) ; 240 p., 10 pl. ....	11,00 €
<b>Publication N° 21.</b>	— P. BRACQ (1994) L'effet d'échelle sur le comportement hydrodynamique et hydrodispersif de l'aquifère crayeux, apport de l'analyse morphostructurale ; 244 p. ....	11,00 €
<b>Publication N° 22.</b>	— N. FAGEL (1994) Flux argileux du Néogène au Quaternaire dans l'Océan Indien Nord, mise en évidence et interprétation ; 265 p. 11,00 €	11,00 €
<b>Publication N° 24.</b>	— B. LOUCHE (1997) Limites littorales de la nappe de la craie dans la région Nord Pas-de Calais. Relations eaux souterraines-eaux superficielles-mer ; 286 p. ....	11,00 €
<b>Publication N° 25.</b>	— J.-G. BREHERET (1997) L'Aptien et l'Albien de la Fosse vocontienne (des bordures au bassin). Évolution de la sédimentation et enseignements sur les événements anoxiques ; 614 p., 18 pl. ....	22,00 €
<b>Publication N° 26.</b>	— T. PLETSCHE (1997) Clay minerals in Cretaceous deep-water formations of the Rif and the Betic Cordillera (northern Morocco & southern Spain), 118 p., 7 pl. ....	10,00 €
<b>Publication N° 27.</b>	— E. VENNIN (1997) Architecture sédimentaire des bioconstructions permo-carbonifères de l'Oural méridional (Russie) ; 350 p. ....	13,00 €
<b>Publication N° 28.</b>	— D. BRICE coord. (1998) Actes des 1ères journées régionales Nord/Pas-de-Calais du Patrimoine Géologique (Lille, 20-23 Novembre 1997), 109 p. ....	5,00 €
<b>Publication N° 30.</b>	— R. PLATEVOET (2001) Diversité des formations pyroclastiques <i>s.l.</i> du strato-volcan du Cantal au Miocène (Massif central français). Elaboration d'une méthodologie de corrélation ; 271 p. ....	12,00 €
<b>Publication N° 31.</b>	— P. PELLENARD (2003) Message terrigène et influences volcaniques au Callovien-Oxfordien dans les bassins de Paris et du sud-est de la France ; 362 p., 19 pl. ....	14,00 €
<b>Publication N° 32.</b>	— S. LALLAHEM (2003) Structure et modélisation hydrodynamique des eaux souterraines. Application à l'aquifère crayeux de la bordure nord du bassin de Paris ; 217 p. ....	14,00 €
<b>Publication N° 33.</b>	— C. DERYCKE-KHATIR (2005) Microrestes de vertébrés du Paléozoïque supérieur de la Manche au Rhin ; 261 p., 35 pl. ....	14,00 €

## Autres éditions

<i>Esquisse géologique du Nord de la France</i> , Fascicule IV : <i>Terrains quaternaires</i> , par J. Gosselet (1903) ; texte imprimé + planches sur CD [ou en fac-similé].....	10 €
<i>Des roches aux paysages dans le Nord – Pas-de-Calais – Richesse de notre patrimoine géologique</i> (dans le cadre de l'Inventaire National du Patrimoine Géologique et de l'Année Internationale de la Planète Terre), par F. Robaszynski & G. Guyétant (coord., 2009), co-édition Conserv. Sites Natur. Nord & Pas-de-Calais & Soc. Géol. Nord .....	<b>épuisé</b>
<i>[ce livre ainsi que les autres publications de la SGN sont accessibles dans de nombreuses bibliothèques : bibliothèque de l'université Lille 1, de l'UMR 8217 du CNRS, bibliothèque de la ville de Lille, au Conservatoire d'Espaces Naturels, à l'APBG, etc.]</i>	

Les membres abonnés bénéficient d'une réduction de 20% sur un exemplaire de chacune de ces publications.  
Les prix sont augmentés des frais de port et d'emballage quand les volumes ne sont pas pris directement au dépôt.  
(\* Tous les prix sont indiqués T.T.C. (TVA 5.50% incluse).

## SOMMAIRE

### Tome 21 (2<sup>e</sup> série)

parution 2014

---

	Pages
Avant-propos : vie de la Société.....	1
La Société géologique du Nord il y a 50 ans. ....	5
Francis ROBASZYNSKI & Francis AMÉDRO. — Actualisation des distributions verticales de foraminifères dans les craies du Cénomanién-Turonien du Boulonnais (nord de la France).....	7
Alain BLIECK & André STYZA. — Devonian sandstones from the Liévin shaft n° 8, Avion (Pas-de-Calais, France) : historical context and additional vertebrate remains .....	25
Francis MEILLIEZ, Hervé COULON & Joris MAVEL. — Cours d'eau, inondabilité et urbanisme : quelques exemples à méditer sur le territoire de Lille-Métropole. ....	35
Bruno MISTIAEN & Benoît L.M. HUBERT. — Encroûtements stromatolithiques dans le Givétien de Ferques, Boulonnais, France .....	43
Rachid ZAHOUR, Ghalem ZAHOUR, Abou Hamath SY, Zouhir BAROUDI, Hassan EL HADI & Youssef ZERHOUNI. — Le volcanisme doméen du Néoprotérozoïque terminal de la boutonnière d'Aït Sawm (Anti-Atlas oriental, Maroc).....	51
Corrigendum .....	59
Liste des membres de la Société géologique du Nord .....	61
Instructions aux auteurs .....	65
Instructions to authors .....	67

© 2014 Société Géologique du Nord Editeur, Lille

Toute reproduction, même partielle, de cet ouvrage est interdite. Une copie ou reproduction par quelque procédé que ce soit, photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi du 11 mars 1957 sur la protection des droits d'auteurs.

Imprimé en France (Printed in France)