

Société

Géologique du

Nord

Séance spécialisée « Bassin minier du Nord – Pas-de-Calais »

Alain BLIECK & Francis MEILLIEZ eds

ANNALES

Tome 24 (2^e série)
parution 2017



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 ½ 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^{er} 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).

Editions de la S. G. N.

La SGN édite des *Annales* (voir ci-dessus), parfois sous forme de fascicule thématique, des *Mémoires* et des *Publications*. Le catalogue complet de ces éditions est disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://sgn.univ-lille1.fr/index.php?page=Publications>, il est également imprimé en pages intérieures du présent tome.

Politique et éthique éditoriales

Un code de politique et éthique éditoriales a été adopté par le Conseil d'administration de la SGN le 4 février 2015. Il est disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://sgn.univ-lille1.fr/index.php?page=Publications>, il a également été imprimé dans le tome 22 (2^e série) des *Annales*.

Extraits : Les *Annales* sont fondées sur le principe d'évaluation par les pairs (« *peer reviewed* »). Soumettre un article pour publication aux *Annales* implique que celui-ci n'ait pas été simultanément soumis à une autre revue. Les données présentées doivent être des résultats originaux n'ayant pas encore fait l'objet d'une publication dans une autre revue, un autre livre, voire un site du World Wide Web. L'acceptation ou le rejet d'articles soumis pour publication aux *Annales* est du ressort du Conseil scientifique et éditorial (CSE) de la revue. Les Instructions aux auteurs sont publiées dans chaque tome annuel des *Annales* et mises à jour régulièrement. Elles sont également publiées en ligne sur le site Web de la Société. Les *Annales* veillent à ce que soient respectées, dans ses colonnes, les règles généralement admises en matière d'éthique éditoriale scientifique. Ces dispositions sont applicables à toutes les autres éditions de la SGN : *Mémoires*, *Publications*, livres édités ou coédités, et tout autre support de publication.

Cotisations et Abonnements (nouveaux tarifs 2017)

	QUALITÉ	COTISATION	ABONNEMENT aux <i>Annales</i>	TOTAL
France et Union Européenne.	Personnes physiques : collégiens, lycéens, étudiants	1 ^{ère} année : gratuite 2 ^e année : 5 € TTC	1 ^{ère} année : gratuit 2 ^e année : 10 € TTC	1 ^{ère} année : 0 € 2 ^e année : 15 € TTC
France et Union Européenne.	Personnes physiques	12 € TTC	30 € TTC	42 € TTC
Autres Pays	Personnes physiques	12 € TTC	35 € TTC	47 € TTC
Tous Pays	Personnes morales	55 € TTC	55 € TTC	110 € TTC

Les prix sont TTC. L'abonnement n'est pas obligatoire mais fortement conseillé.

Réduction collégiens, lycéens et étudiants sur présentation d'un justificatif (certificat de scolarité, carte d'étudiant).

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

Avec ce tome XVII, la SGN a repris 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 (paru en décembre 2014) retrace 143 années de la SGN en relation avec les entreprises industrielles, les associations et les institutions régionales.

Prix / Price : 40 € TTC + 4 € de frais de port et emballage si le volume n'est pas pris au dépôt

Voir publicité en pages intérieures du présent tome



Société Géologique du Nord

Séance spécialisée « Bassin minier du Nord – Pas-de-Calais »

Alain BLIECK & Francis MEILLIEZ eds

ANNALES

Tome 24 (2^e série)

parution 2017

Ce tome 24 des Annales de la SGN bénéficie d'aides financières de la société Solétanche-Bachy (Antenne Nord – Pas-de-Calais), du Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement du Pas-de-Calais (CAUE 62), de la Mission Bassin Minier (Oignies, 62) et de l'Unité Territoriale de l'Après-Mine Nord – BRGM (Billy-Montigny, 62)

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

ISSN 0767-7367

CONSEIL D'ADMINISTRATION

— 2016 - 2018 —

<i>Présidente d'honneur</i>	M ^{elle} 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. Bernard MAITTE M. Jean-Pierre DEBAERE
<i>Secrétaire</i>	M. Fabien GRAVELEAU
<i>Secrétaire-adjoint</i>	M. Thierry OUDOIRE
<i>Trésorière</i>	M ^{me} Renée DUCHEMIN
<i>Bibliothécaire</i>	M. Olivier AVERBUCH
<i>Directeur de la Publication</i>	M. Alain BLIECK
<i>Conseillers</i>	M. Patrick AUGUSTE Mme Géraldine BERREHOUC M. François DUCHAUSSOIS M. Christian LOONES M. Jean-Yves REYNAUD M. Jacques ROUGE
 <i>Site Web</i>	
<i>Administrateur</i>	M. Alain BLIECK
<i>Webmestre</i>	M. Claude MONNET
<i>Blog</i>	Mme Géraldine BERREHOUC

CONSEIL SCIENTIFIQUE et ÉDITORIAL

— 2016-2018 —

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, Trésorière, Bibliothécaire, Directeur de la Publication) et des six Conseillers extérieurs suivants :

Pierre BARBEY (Université de Lorraine et Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques, Nancy)

Jean-François DECONINCK (Université de Bourgogne, Dijon)

Patrick DE WEVER (Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris)

Christian DUPUIS (Université de Mons, Belgique)

Jean SOMME (Université de Lille – Sciences et Technologies, Villeneuve d'Ascq)

Johan YANS (Facultés Universitaires N.-D. de la Paix, Namur, Belgique)

Adresses URL du site Web et du Blog :

<http://sgn.univ-lille1.fr> , <https://sgnleblog.wordpress.com>

LISTE DES RAPPORTEURS DES ARTICLES DU TOME 24

Hector BOTELLA (Cavanilles Institute of Biodiversity and Evolutionary Biology, University of Valencia, Espagne)
Sophie BECKARY (Mairie de Lille, Direction Développement Durable, Lille ; S.G.N.)
Sophie BRAUN (Université de Lille – Sciences et technologies, Espace Culture, Villeneuve d'Ascq)
Jean-Paul CADET (Institut des Sciences de la Terre Paris - IStEP, Université P. & M. Curie, Paris)
Hervé COULON (Dépt. Risques et Développement des Territoires, CEREMA, Nord Picardie, Sequedin [59] ; S.G.N.)
Marie-Madeleine GEROUDET (Université de Lille – Sciences et technologies, Lilliad – Learning Center Innovation)
Alexandr O. IVANOV (Laboratory of Paleontology, Institute of Earth Crust, St Petersburg University, Russie)
Bernard MAITTE (Université de Lille – Sciences et technologies, Département de physique, Villeneuve d'Ascq ; S.G.N.)
Francis MEILLIEZ (Université de Lille – Sciences et Technologies, Dépt. Sciences de la Terre, Villeneuve d'Ascq ; S.G.N.)
François THIEBAULT (professeur honoraire de l'Université de Lille – Sciences et technologies)
Noël VANDENBERGHE (Katholieke Universiteit Leuven, Belgique ; S.G.N.)
Georges VIGNERON (Direction des Risques et de la Prévention, Dépt. Prévention et Sécurité Minière, B.R.G.M., Orléans)

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 de Lille – Sciences et technologies, Bâtiment SN5 (Sciences de la Terre), 59655 Villeneuve d'Ascq cedex

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

Site Web : <http://sgn.univ-lille1.fr>

E-mail du président : Francis.Meilliez@univ-lille1.fr

E-mail du secrétaire : Fabien.Graveleau@univ-lille1.fr

E-mail du directeur de la publication : sgn-edition@univ-lille1.fr

AVANT-PROPOS : vie de la Société en 2017

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

2017 : des choix se dessinent (F.M.)

La revue de 1967, dans les pages qui suivent, est très instructive (Blieck & Meilliez, 2017, ce volume) et doit stimuler notre réflexion. Cette année-là, la S.G.N. a atteint l'effectif maximal de son histoire, et sans aucun rapport de cause à effet, le C.N.R.S. – quelques années plus tard - a décidé de ne plus la subventionner de façon récurrente. Illustration, s'il en était besoin, que l'effectif n'est pas un bon indicateur de l'activité mais une sanction de l'attractivité, laquelle est liée à l'activité mais certainement pas de façon linéaire. Et l'attractivité de la S.G.N., à la fin de ce qu'on ne considérait pas encore comme étant les *Trente Glorieuses*, tenait sur deux piliers et un troisième en phase d'affaiblissement sournois. Le premier pilier est directement lié à la recherche, les deux autres à l'enracinement régional de la Société.

La recherche de 1967 a indirectement bénéficié de l'arrivée à l'université des promotions dites du *baby-boom* (1945-1952), gonflant rapidement les effectifs d'étudiants. Ce qui a rendu nécessaire le recrutement d'enseignants-chercheurs. Les candidats locaux étant en nombre insuffisant, ceux venus d'autres régions ont apporté des méthodes nouvelles, en recherche, en enseignement, en gestion administrative. Leur recrutement s'est effectué grâce à des contacts personnels entre les *patrons de labos* lillois et ceux d'autres équipes dans d'autres universités. Or, majoritairement basées à Paris, plusieurs équipes universitaires se partageaient les territoires du pourtour méditerranéen dans les sillages de Paul Fallot et Jean-Henri Brunn. C'est ainsi que la géologie méditerranéenne a largement occupé les esprits et les colonnes des *Annales* de la S.G.N. (Blieck *et al.*, 2014 ; Charvet, 2014). Le coup d'arrêt du financement récurrent du C.N.R.S. (1974) n'a pas affecté l'élan vers cet axe de recherche, mais a contribué à amoindrir l'attractivité des *Annales* de façon progressive. La situation a été largement aggravée par l'évolution des pratiques de l'édition scientifique : généralisation de la publication en anglais, réduction de la présentation et de la discussion approfondie des données au profit d'effets d'annonce. Et durant les années 1990, la situation s'est encore aggravée avec la généralisation de l'approche statistique de la production scientifique. Sur fond d'inflation monétaire forte, chacun voulant réduire les coûts, résumer la description des données dans les publications était un des moyens qui paraissait efficace et facile à réaliser, au détriment de la qualité de la recherche, mais les *Cassandra* de l'époque n'étaient pas audibles. Une revue comme les *Annales* apparaissait donc comme trop régionaliste et trop naturaliste par rapport aux exigences internationales utiles au chercheur permanent pour se faire un nom.

Les deux autres piliers de la S.G.N. concernaient l'enracinement régional, à savoir l'exploitation du gisement houiller et ce qu'on appelait alors presque avec dédain, la géologie appliquée. En 1967, les Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais (H.B.N.P.C.) étaient auréolées de la publication récente de la carte à la cote -300 (Bouroz *et al.*, 1961), que la Compagnie Française des Pétroles est venue compléter (C.F.P.(M.) *et al.*, 1965). Bref, il pouvait sembler que la géologie du Nord de la France était enfin comprise alors qu'en fait ces travaux ne permettaient que de mieux formuler les questions de détail qu'il eût fallu aborder ensuite de façon rationnelle et coordonnée. Mais engager une recherche géologique dans un territoire couvert (agriculture, urbanisme), où les grandes découvertes semblent terminées, ce n'était pas un sujet qui retenait l'attention des financeurs 'académiques' (universités, C.N.R.S. et autres). Les travaux en terrain dénudé, certes lointains, étaient plus productifs en termes de stratégie de carrière en recherche. Peu de temps après (1972), la mise en œuvre de décisions majeures prises peu de temps avant (1961) allait conduire à la baisse drastique de la recherche sur le gisement houiller. Celle-ci se cantonnait à préciser des datations paléontologiques pour gérer l'évolution

des chantiers d'abattage, mais aucun programme ambitieux n'était engagé pour progresser dans la compréhension structurale du gisement, alors que les H.B.N.P.C. disposent d'un fonds de documents géologiques prodigieux de précision et d'informations, accessible aux chercheurs (Lemal & Meilliez, 2017, ce volume) et d'un centre d'archives également très riche (Malolepszy, 2017, ce volume).

Au géologue lillois qui veut s'impliquer en géologie régionale ne reste alors que la géologie de la tranche superficielle, que travaillent les ingénieurs, les agriculteurs et les hygiénistes, auxquels s'adressait déjà Gosselet (1895). Comprendre les cheminements de l'eau sur et dans le sous-sol, affiner la caractérisation géotechnique des matériaux et des sites pour accompagner un urbanisme galopant, tels étaient les deux sujets majeurs pour lesquels plusieurs universitaires étaient sollicités, soit par une obligation légale, soit pour une consultation d'expertise. Et encore, en 1967, rares étaient ceux qui travaillaient sur la dégradation physique et chimique des sols (érosion, pollution). Ce nouveau champ d'études s'est ouvert sous l'impulsion du conseil régional, en 1993, avec un programme pluridisciplinaire auquel ont participé quelques géologues (le Programme de Recherches Concertées). De son côté, Antoine Bonte faisait œuvre de pionnier en écrivant alors un livre qu'il eut bien du mal à éditer (Bonte, 1987). Il fut le seul à utiliser les observations glanées au fil de ses expertises pour les valoriser scientifiquement. A l'instar de ce que faisaient Gosselet et ses émules, Bonte est l'auteur de nombreux articles courts qui relatent des faits. La plupart de ses publications sont aujourd'hui très précieuses. Si l'on avait continué de même avec tous les chantiers ouverts sur la ville nouvelle de Villeneuve d'Ascq entre autres, on aurait évité quelques déconvenues lors de la construction de certains bâtiments, même sur le campus de la Cité Scientifique ! Et les *Annales* auraient conservé de l'intérêt pour les sociétés dont le champ d'activités est concerné par cet aspect de la géologie. A l'image de Bonte, dans ce champ d'activités, les chercheurs ont pour mission de confronter scientifiquement ces observations ponctuelles avec le modèle géologique qu'ils se font du territoire et ainsi de l'adapter en permanence pour rendre compte de ces observations.

Aujourd'hui, la S.G.N. continue de faire vivre sa revue scientifique, et elle se doit de considérer cette mission comme la priorité de ses activités. Elle se le doit à elle-même par fidélité envers ses fondateurs, mais aussi pour ses partenaires : l'Université de Lille et son centre de documentation (Lilliad), la Ville de Lille et son Musée d'histoire naturelle. La S.G.N. a été l'agent actif de la constitution du fonds documentaire et des collections. Sous une forme adaptée aux exigences actuelles, il faut refonder la légitimité de ses missions par des conventions, révisables régulièrement. Ce qui est fait aujourd'hui avec l'Université de Lille. A l'heure où la notion de science participative peut susciter des rêves et entraîner des désillusions, il faut expliquer et faire vivre ce lieu privilégié où se côtoient praticiens et amateurs de la géologie, chercheurs et enseignants-chercheurs. Il faut développer ce que les organismes de formation ne peuvent pas faire, quelles qu'en soient leurs raisons : être disponible pour montrer à chacun sur quoi il vit et comment son support naturel évolue en permanence dans le temps.

L'accès libre à l'ensemble des *Annales* (<http://iris.univ-lille1.fr/handle/1908/32>) permet à quiconque en fera la démarche, de voir que les fondations de bâtiment, les talus routiers ou ferroviaires ont beaucoup apporté à la connaissance régionale. C'est une approche différente de celle des grands sondages et des reconnaissances géophysiques. Elle s'apparente à, et complète l'approche des carrières, devenue trop rare. Il nous faut convaincre les bureaux d'études, les entreprises de sondages, de nous rejoindre. Il faut leur montrer ce qu'on peut leur apporter : une expertise de la lecture de la carte géologique à toutes échelles, et un cadre de référence pour comprendre le contexte dans lequel ils ont à insérer un projet plus ou moins ambitieux. Ils ont alors la possibilité de comprendre l'amont et l'aval d'un projet, et d'anticiper les effets du ruissellement, de l'infiltration, la ressource en eau et la gestion des déchets de toute nature. Il est affligeant de consulter les données recueillies dans la Banque de données du sous-sol (BSS) du superbe outil qu'est Infoterre (<http://infoterre.brgm.fr>) : les plus anciennes données ne sont pas nécessairement les moins informatives. Aujourd'hui, il n'est malheureusement pas rare de rencontrer des bureaux d'études pensant faire l'économie d'une reconnaissance géologique d'un site en se référant uniquement à la BSS. C'est alors une spirale infernale où des données de qualité amoindrie servent à renseigner ceux qui préparent les futurs aménagements, dont les dossiers renseigneront à leur tour les suivants. Sans vouloir donner de leçon à quiconque, il est temps de se ressaisir et de faire en sorte que la géologie du quotidien contribue à étayer la recherche et que la recherche mette à portée du citoyen une sensibilisation à la fragilité et aux menaces différées des milieux que nous transformons sans cesse.

2017 : vie de la Société (A.B. & R.D.)

Administration

Le **Conseil d'administration** (C.A.) s'est réuni cinq fois, les 11 janvier, 22 mars, 28 juin, 20 septembre et 6 décembre. Le Bureau a continué de se réunir régulièrement, quasiment chaque semaine en période universitaire. Depuis l'an dernier, le **Blog** de la S.G.N. a été ouvert : <https://sgnleblog.wordpress.com>. Mis en place par Benoît CREPIN, il est alimenté par Géraldine BERREHOUC. Nous les remercions tous deux pour leur implication dans la vie de la Société. Tous les membres de la S.G.N. sont invités à fournir à Géraldine des informations à installer sur le Blog. Le **dossier « édition numérique en ligne »** avance, peut-être pas aussi vite que certains le voudraient. Il nécessite de prendre des contacts divers et variés relevant d'aspects techniques (mise en ligne, compatibilité logicielle, etc.) et juridiques (vis-à-vis de l'Université de Lille en particulier, qui héberge notre site Web) entre autres. L'**Assemblée générale annuelle** (A.G.) était « délocalisée », elle s'est tenue le 8 février au Centre historique minier (C.H.M.) de Lewarde (59) sur le site de l'ancienne fosse Delloye. Le rapport moral du Président a rappelé les fondamentaux de la S.G.N., son rapport privilégié avec le nouveau centre de documentation de l'Université de Lille – Sciences et technologies (ex Lille 1), baptisé Lilliad - Learning Center Innovation (<https://lilliad.univ-lille.fr>), celui avec le Musée d'histoire naturelle de Lille et son implication dans la collecte, la conservation et la valorisation de collections patrimoniales (roches, minéraux et fossiles), sa mission de diffusion des connaissances par l'intermédiaire de sorties de terrain, de conférences, de séances scientifiques thématiques, etc. A ce titre, la séance de communications orales qui a suivi l'A.G. était consacrée au bassin minier (voir ci-dessous) et elle suivait une visite des expositions permanentes et temporaires du C.H.M. Au plan des **finances**, les avoirs de la Société sur ses trois comptes bancaires (compte courant du Crédit Agricole, livret A du Crédit Agricole et compte courant de la Banque Postale) totalisaient 24 416 € au 31 décembre 2016. Le budget 2016 réalisé était déficitaire de 2666,35 € (à cause en partie du paiement en retard des frais de fabrication

du tome 22 des *Annales* – voir ci-après), le budget prévisionnel de 2017 s'élevant à 14 433 €. Comme chaque année, le poste principal des dépenses concernait les frais de fabrication des *Annales*, avec deux livraisons à payer, celle du tome 22 (2015, en retard) pour 4 880,43 € et celle du tome 23 (2016) pour 3 393 €, sans oublier les frais d'expédition, respectivement 385,90 € et 386 €. Au moment de cette A.G., la S.G.N. comptait **139 adhérents** (6 personnes morales ; 133 personnes physiques). Douze candidatures ont été reçues au cours de l'année depuis la tenue de l'A.G. de 2016, mais 10 adhérents nous ont quittés (1 décès, 3 démissionnaires, 6 radiations sur décision du C.A. pour non-paiement de leur cotisation trois années de suite). De ce fait le bilan est de + 2 adhérents par rapport à l'an dernier. La S.G.N. a été déclarée d'intérêt général à la suite des démarches effectuées par la trésorière (R.D.). La Société peut désormais émettre des reçus fiscaux, ce qui permet aux donateurs de récupérer une partie des dons sous forme de réduction d'impôt égale à 66% du montant de leur versement. En outre, les bénévoles qui sont amenés à engager des frais sur leurs propres deniers pour le compte de l'association pourraient, à condition de faire don à l'association des frais engagés, bénéficier de la même réduction d'impôt sur le revenu. La société Solétanche Bachy continue de soutenir financièrement la S.G.N. sous la forme d'une subvention de 1000 € annuelle. Pour le reste, l'organisation de l'A.G. a été possible grâce au partenariat avec le C.H.M., la Mission Bassin Minier, le CAUE du Pas-de-Calais et l'Unité Territoriale Après-Mines Nord (UTAM Nord) du BRGM. Enfin, la S.G.N. ayant fait partie des six associations fondatrices du « Conservatoire des Sites Naturels du Nord et du Pas-de-Calais », devenu « **Conservatoire d'Espaces Naturels du Nord – Pas-de-Calais** » (C.E.N.N.P.C. dont le siège est à Lillers (62)), elle dispose de deux sièges de droit à son C.A. (ramenés à un titulaire et un suppléant). S.G.N. et C.E.N.N.P.C. ont signé une convention fixant les règles de leurs collaborations en 2013. Le Conservatoire a connu une forte croissance entre 2008 et 2017, tant en termes d'activités que de personnels, si bien qu'il vient d'emménager dans un nouveau bâtiment écoénergétique à Lillers. La S.G.N. était représentée à l'inauguration de ces locaux par Jacques ROUGE et A. BLIECK. Dans le cadre de la création de la Région Hauts-de-France, les conservatoires du Nord – Pas-de-Calais et de Picardie sont amenés à se rapprocher. A cet effet, une « structure chapeau » des Conservatoires d'espaces naturels des Hauts-de-France, nommée « Association des Conservatoire des Espaces Naturels des Hauts de France », a été créée afin de regrouper les deux C.E.N. Son siège est à Amiens (Somme). Son président est Christophe LEPINE, actuel président du C.E.N. Picardie et journaliste à France 3. Les structures associatives régionales telles que ces C.E.N. subissent depuis quelques années des réductions importantes des aides financières publiques (région, départements, communes, agences de l'eau) qui mettent en cause leurs équilibres budgétaires et menacent les emplois rémunérés.

Formation

Le GT-Education mis en place en 2016 a continué son travail et a constitué des dossiers pédagogiques sur différentes zones de la région **Hauts-de-France**. Pour mémoire, il a pour objectif, en s'appuyant sur l'expertise des universitaires, de repérer les ressources



Fig. 1. — Ancien front de taille de la carrière de Hamel (Nord, inondée) montrant les différents niveaux de sable de la série landénienne (Thanétien, Paléocène). Cliché R. Duchemin.

Fig. 1. — Former cutting face of inundated Hamel quarry (Nord) showing Landenian (Thanetian, Palaeocene) sand layers. Photograph by R. Duchemin.

locales entrant dans le cadre des nouveaux programmes des cycles 3 et 4 de l'école primaire et du collège afin de faciliter le travail des enseignants et permettre une mutualisation entre les différents utilisateurs. Cette année le groupe s'est réuni six fois (25 janvier, 5 avril, 17 mai, 28 juin, 31 août et 9 novembre). Dans ce cadre, une journée sur le terrain dans le **Douaisis**, préparée et animée par Jean-Michel DAMBRINE, a été réalisée le 17 mai. Elle a permis de rencontrer les responsables d'exploitation de carrières (carrière de Hamel et carrière de Cantin) (Fig. 1), de repérer et de visiter des lieux accueillant les élèves, de prendre des photos pour constituer une banque de données pouvant être exploitée par les enseignants. Le dossier sur le **Mélantois** est terminé (Ru des Voyettes), celui sur le Douaisis le sera en fin d'année. Le groupe travaille en parallèle sur des documents concernant le **trait de côte** notamment de la côte picarde (grâce aux documents de François DUCHAUSSOIS et de Renée DUCHEMIN) et du Boulonnais à Wissant (grâce aux documents de Francis AMEDRO). Ces documents, accompagnés de photos intégrées sur Google Earth (fichiers .kmz) commentées de précisions géologiques, de conseils et recommandations, doivent être mis en ligne sur le site Web de la SGN. Des liens seront installés sur les sites des académies de Lille et Amiens afin de permettre une meilleure visibilité pour les enseignants.

Vie scientifique

L'A.G. statutaire du matin du 8 février a été suivie l'après-midi d'une **séance publique de communications orales** sur le thème du **bassin houiller du Nord – Pas-de-Calais**. Ont été présentées les communications suivantes :

1 – *Un gisement qui est encore à découvrir*

- « De la fin du XVII^e siècle à aujourd'hui », par F. MEILLIEZ (SGN, Prof. Emérite U-Lille, UMR 8187 LOG) ;
- « Le Bassin Minier en 4-D », par F. GRAVELEAU & O. AVERBUCH (SGN, Maitres de Conférence U-Lille, UMR 8187 LOG) ;

2 – *Un patrimoine diversifié à valoriser*

- « Les échantillons : roches et fossiles », par J. CUVELIER (SGN, CNRS, UMR 8198 EEP) & T. OUDOIRE (SGN, Conservateur Géologie au Musée d'Histoire Naturelle de Lille) ;
- « Des archives pour la science : l'exemple du Centre Historique Minier », par V. MALOLEPSZY (CHM, Lewarde) ;
- « Les marqueurs paysagers et leurs valorisations potentielles », par C. BERTRAM & M. PATOU (Mission Bassin Minier, Oignies) ;

3 – *Un laboratoire en vraie grandeur de l'après-mine*

- « D'aujourd'hui au XXIV^e siècle », par F. MEILLIEZ (SGN, Prof. Emérite U-Lille, UMR 8187 LOG) & S. LEMAL (Unité Territoriale Après-Mines (UTAM) Nord / BRGM) ;
- « Quels paysages à venir ? », par G. NEVEU (CAUE-62, Arras).

Ces communications font l'objet d'articles publiés dans ce tome-ci des *Annales* (voir ci-dessous : Editions).

Jeudi 12 octobre s'est tenue à la Gare Saint Sauveur à Lille une séance consacrée aux « **Energies citoyennes au service de la transition énergétique** ». La S.G.N., par l'intermédiaire de F. MEILLIEZ, J. ROUGE et Jean SCHIETTECATTE, s'est fortement investie dans l'organisation de cette réunion qui, finalement, s'est faite sous l'égide le M.R.E.S. en collaboration avec deux autres associations, Virage Energie Nord-Pas-de-Calais (<http://www.mres-asso.org/spip.php?page=assofiche&asso=Virage-energie%20Nord-Pas-de-Calais>) et EDA (Environnement et Développement Alternatif : <http://www.mres-asso.org/spip.php?page=assofiche&asso=EDA>). Le programme comprenait les communications suivantes :

1) *La dimension géologique de la ressource*

- De la matière organique aux hydrocarbures fossiles, par Nicolas TRIBOVILLARD (Sédimentologue et géochimiste à l'Université de Lille),
- Le gisement, de sa découverte à sa mise en exploitation - Situation et perspectives des marchés pétroliers et gaziers et hydrocarbures non conventionnels, par Jean SCHIETTECATTE (Ingénieur de l'industrie pétrolière retraité, SGN) et Francis MEILLIEZ (Professeur émérite de l'Université de Lille, SGN).

2) *Ressources, matériaux, modèles de consommation et de production*

- « **Peak all** » et sobriété énergétique, par Barbara NICOLOSO (Chargée de mission Virage-énergie),
- Le biogaz, une énergie renouvelable en pleine évolution, par Jacques ROUGE (géologue retraité de GDF-Suez, SGN).

3) *Enjeux climat/énergie en Hauts de France*

- Observatoire Climat du CERDD, par Emmanuelle LATOUCHE (Directrice-adjointe en charge du Pôle climat du CERDD).

4) *Des citoyens et territoires engagés*

- Photovoltaïque, éolien : des projets mobilisateurs de l'investissement citoyen, par Thierry JANSONNE (Solis) et Audrey JUMEAUX (EnergETHIC),
- Des territoires qui développent les énergies renouvelables, par Catherine QUIGNON LE TYRANT (Conseillère Départementale - Vice Présidente CC Grand Roye),
- La mobilisation des citoyens et élus pour engager une démarche à la Communauté de Communes Flandre Intérieure, par Joël DEVOS (Maire de Steenwerck, VP Pays Coeur de Flandre en charge du SCOT).

5) *Mobilisation et accompagnement des Territoires pour développer le financement citoyen en région Hauts-de-France*

- Eliane METREAU (ADEME).

6) *Les paysages de l'après-pétrole*

- Représentant du collectif (collectif paysage de l'après-pétrole).

7) *Comprendre les interactions*

- Jean GADREY (Économiste, auteur et professeur honoraire d'économie de l'Université de Lille),
- Damien CAREME (Maire de Grande-Synthe et Vice-Président de la Communauté Urbaine de Dunkerque en charge de la transformation écologique et sociale, de l'environnement, de l'énergie et des transports),
- Pierre GUILLEMANT (Président de l'ex- Communauté de Communes de l'Atrébatie),
- Mathilde SZUBA (docteure en sociologie politique- CERAPS- Université de Lille).

8) *Clôture de la journée*, par Ginette VERBRUGGHE (Présidente de la MRES).

Le lendemain, vendredi 13 octobre, était organisée à Lilliad, sur le campus de l'Université de Lille – Sciences et technologies, une **Journée d'étude en hommage au professeur Jean SOMME**, sous l'égide de l'A.F.E.Q. - INQUA (Association Française pour l'Étude du Quaternaire – Comité National Français de l'International Quaternary Association), de l'I.N.R.A.P. (Institut national de recherches archéologiques préventives) et de la S.G.N. Cette réunion, coordonnée par Laurent DESCHODT (I.N.R.A.P., S.G.N.), portait sur « **Les plaines du nord de la France et leur bordure** ». Elle a réuni les intervenants suivants :

Thème 1 – La géomorphologie structurale et la tectonique

- (1) J.-P. COLBEAUX : Jean Sommé : un agitateur,
(2) F. MEILLIEZ : L'analyse morphostructurale en appui d'une approche de la tectonique vivante : essai sur le Cambrésis,

Thème 2 – Les formations loessiques

- (3) P. ANTOINE : Les loess : de la litho-stratigraphie aux événements abrupts. 30 ans de recherches sur les traces de Jean Sommé,
(4) Ph. FERAY : Découvertes inédites (1998-2017) de gisements paléolithiques en contexte loessique dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais,
(5) L. VALLIN : A pierre fendre. Implications taphonomiques et technologiques de la gélifraction du silex sur le site moustérien de Corbehem (Pas-de-Calais),

Thème 3 – Les formations de la plaine maritime

- (6) F. BOGEMANS : Les vallées incisées du Pléistocène dans la plaine côtière occidentale belge : âge et origine,
(7) M. LANÇON : Occupations archéologiques anciennes dans la plaine maritime. Un changement de paradigme,
(8) C. BAETEMAN : La période d'occupation romaine dans la plaine côtière belge : un paysage en changement perpétuel sous l'effet de processus naturels et des activités humaines,
(9) M. MEURISSE : Evolution du littoral du Nord de la France à l'Holocène, impact des facteurs environnementaux et interaction avec l'occupation du territoire. Focus sur la plaine maritime du sud-Bouloonnais et Picardie et corrélations avec la plaine maritime flamande,

Thème 4 – Les formations de fond de vallée

- (10) L. DESCHODT : Données anciennes et nouveau regard sur la plaine de la Lys : un enregistrement pléistocène hors du commun peu étudié,
(11) D. HERISSON : Un gisement paléolithique interglaciaire eemien en contexte fluviatile à Waziers : données archéologiques, stratigraphiques et paléoenvironnementales,
(12) F. CRUZ : L'évolution des plaines alluviales de la vallée flamande depuis 15 000 ans : état des connaissances,
(13) P.-G. SALVADOR – Contribution à l'étude paléoenvironnementale du site néolithique de Bouchain (Nord).

Cette journée en salle a été suivie d'une journée sur le terrain dans le Cambrésis (voir la section « Sorties de terrain » ci-dessous).

Un compte rendu rédigé par quatre participants sera mis en ligne sur le site Web de la SGN.

Patrimoine géologique

Plusieurs opérations relevant de la mise en valeur du patrimoine géologique ont mobilisé la SGN cette année :

- le mercredi 25 janvier à Lilliad, présentation du **tome 23 des Annales** (par A. BLIECK et Nicolas GREVET, Inspecteur d'académie-Inspecteur pédagogique régional) et du livre « **Stratotype Givétien** » coordonné par Denise BRICE, en présence de Patrick DE WEVER (Prof. MNHN, directeur de la collection « Patrimoine géologique » co-éditée par le M.N.H.N. et les éditions Biotope, Mèze) ;
- le jeudi 2 février à l'Espace Culture de l'Université de Lille – Sciences et technologies, visite guidée de l'exposition consacrée à la **Première Guerre mondiale** ;
- le mardi 4 avril à Givet (Ardennes), présentation du livre « **Stratotype Givétien** » à l'espace de spectacles Le Manège, par D. BRICE et P. DE WEVER, en présence de M. Claude WALLENDORFF, maire de la ville de Givet ;
- le mercredi 24 mai à Lilliad, présentation d'une **sélection d'ouvrages anciens du fonds de la SGN**, du point de vue de l'histoire du livre et de la géologie, par Laure DELRUE (Lilliad), F. MEILLIEZ et A. BLIECK ;
- les samedi 16 et dimanche 17 septembre, dans le cadre des **Journées européennes du patrimoine** à la Maison Régionale de l'Environnement et des Solidarités (M.R.E.S.) à Lille, quatre visites guidées des peintures géologiques murales de l'ancien laboratoire de géologie de la Faculté des sciences de Lille, par F. MEILLIEZ et A. BLIECK.

Un autre dossier concernant le patrimoine de la S.G.N. est celui des **archives volées durant la 2^e Guerre mondiale**, désignées ici sous le nom de « **Fonds Heringen** ». Patrick AUGUSTE a mené l'enquête et préparé un dossier qui résume les circonstances du « déménagement » d'une grande partie des documents de la S.G.N. (livres, cartes, tirés-à-part, périodiques, rapports, ...) à la fin de la guerre, par les « *Wehrgeologere* » (géologues militaires) de la Wehrmacht. Pierre PRUVOST, dès le 20 juin 1945, avait alerté la Société dans une allocution retranscrite dans les pages des *Annales* (Pruvost, 1945). « Dès le début de l'année 1944, le fond géologique de la *Wehrmacht collection* a été transféré dans une mine de potasse désaffectée dans la Hesse, au centre-ouest de l'Allemagne entre Francfort et Erfurt, la mine Wintershall près de Heringen, une trentaine de kilomètres au sud du Harz. Les documents y sont déposés et la mine scellée. Elle le fut pour plusieurs mois. Le 01 avril 1945, les troupes américaines découvrent la mine lors de leur avancée au cœur de ce qu'il reste du Reich. Une partie va être détruite par le feu mais l'essentiel de la collection est saisi par les Américains ... Placé sous le contrôle des *Monuments, Fine Art and Archives Program* (MFA&A), les fameux *Monuments Men*, ce fonds est rapatrié aux U.S.A. jusqu'en début 1946 et destiné à un inventaire ... Ce fonds, maintenant identifié comme la *Heringen Collection*, est stocké au sein des locaux du Service de la Recherche Géologique des USA, l'USGS (*United State Geological Survey*) » (extraits du texte de P. AUGUSTE). Une opération visant à aller sur place à Reston, en Virginie (U.S.A.) où est stocké le fonds Heringen, afin d'y faire l'inventaire des documents S.G.N. et de les rapatrier est en cours. C'est Philippe TAQUET (membre de l'Académie des sciences, ancien président de l'INHIGEO) qui nous avait alertés en repérant l'article de Hadden (2008). Il a offert d'apporter l'aide de l'Académie des sciences et d'entrer en contact avec les membres de l'INHIGEO (International Commission on the History of Geological Sciences, l'une des commissions de l'I.U.G.S.), de la Geological Society of America, de l'Académie des sciences

d'Allemagne (Leopoldina), ... De notre côté, nous sommes en train de monter un dossier permettant d'aller défendre nos intérêts devant divers ministères. Pour ce faire, F. MEILLIEZ est entré en contact avec le président de l'Université Lille 1, la ville de Lille et le Task Group Geohéritage de l'I.U.G.S. (P. DE WEVER). P. AUGUSTE a demandé l'appui de la Société géologique de France. Enfin B. MAITTE sollicitera la région des Hauts-de-France.

Conférences

Quatre conférences ont été données cette année :

- le mercredi 1^{er} février, à la M.R.E.S., conférence de Patrick CORDIER (professeur à l'Université de Lille, UMR 8207 – Institut Chevreul) sur « **Comment les minéraux s'écoulent sous (dans) le manteau terrestre ?** » ;
- le mercredi 26 avril, à la M.R.E.S., conférence de Claude MONNET (Ingénieur de recherche, Université de Lille, UMR 8198 EEP) sur « **Evolution morphologique répétitive des animaux : contraintes ou hasard chez les ammonites?** » ;
- le samedi 29 avril, à la Ferme du Héron à Villeneuve d'Ascq, devant le Club d'Astronomie de la Région Lilloise (CARL), conférence de Jean-Yves REYNAUD et de F. MEILLIEZ (professeurs à l'Université de Lille, UMR 8187 LOG) sur « **Cycles astronomiques et stratigraphie haute résolution : quand les sédiments nous parlent du système solaire** » ;
- le mercredi 20 septembre, à la M.R.E.S., conférence de Bernard DROZ (Docteur 3^e cycle en hydrogéologie, Chef du service études et diagnostics de SADE Forages d'eau) sur « **Docteur, mon forage ne va pas bien !** ».

Ces conférences témoignent de façon pédagogique des domaines d'activités des membres S.G.N. et de leurs collaborateurs : minéralogie, paléontologie, stratigraphie, hydrogéologie et leurs implications en expérimentation et modélisation. Le C.A. de la S.G.N. essaie chaque année de diversifier les thèmes de ses conférences pour attirer certes les professionnels mais aussi les étudiants, les enseignants, les amateurs, voire le grand public. Il faut bien reconnaître que le public n'est pas toujours au rendez-vous, ce qui est un défi constant pour la Société.

Sorties de terrain

Quatre sorties étaient proposées cette année :

- le samedi 4 mars, une ré-édition de la sortie « **A la recherche d'un cours d'eau en perdition : le Ru des Voyettes** » dirigée par F. MEILLIEZ entre Villeneuve d'Ascq (Quatre-Cantons) et Lesquin (cf. l'avant-propos du tome 23 des *Annales*) ;
- le samedi 13 mai, « **Le phénomène récifal au Givétien et au Frasnien en Wallonie** » dirigée par Alain LAUWERS (Géologue Senior pour le Groupe Lhoist) et Frédéric BOULVAIN (Professeur à l'Université de Liège, Professeur visiteur à l'Université de Lille, Membre de l'Académie royale de Belgique) ; cette excursion a étudié les carrières de la Boverie à Rochefort, du Tiers Cocrai à Havrenne-Humain et de Resteigne ;
- le samedi 10 juin, « Portes ouvertes » des carrières Stinkal à Ferques (62), animées par Denise BRICE et Bruno MISTIAEN, sur l'histoire des carrières, l'exploitation actuelle des calcaires givétiens et la place des carrières Stinkal dans le « bassin carrier de Marquise » (cf. Mistiaen *et al.*, 2016) ;
- le samedi 14 octobre, « **Le seuil du Cambrésis : à la recherche de marqueurs de son évolution géologique post-paléozoïque** » en hommage à Jean SOMME (Prof. émérite de géographie, Université de Lille), dirigée par F. MEILLIEZ, François DUCHAUSSOIS (S.G.N. et Société Laonnaise et Axonaise de Paléontologie) et L. DESCHODT (I.N.R.A.P.), depuis le touage de Riqueval jusqu'aux sites d'Havrincourt et Hermies en passant par la source cryptique de l'Escaut et la source de la Somme (cf. Meilliez, 2016).

Editions

La *Lettre d'information 2017* a été produite dès le 4 janvier de cette année et mise en ligne dans les jours qui suivent : <http://sgn.univ-lille1.fr/sgn/pdf/SGN-La.Lettre.dinformatio.2017-v2b-corrige.pdf>. Le tome 24 des *Annales* (2^e série), comporte une dizaine d'articles dont huit issus de la séance « bassin minier » du 8 février, un article de paléoichthyologie et une notice biographique :

Francis MEILLIEZ. — Le Bassin houiller du Nord – Pas-de-Calais en 2017.

Francis MEILLIEZ. — Héritages de l'exploitation industrielle et scientifique du gisement houiller du Nord et du Pas-de-Calais (Carbonifère supérieur), une longue histoire (XVII^e–XXIV^e siècles).

Fabien GRAVELEAU, Olivier AVERBUCH, Benoît CREPIN & Thierry OUDOIRE. — Projet de modélisation en 4-d du Bassin houiller du Nord – Pas-de-Calais : des tables de verre du Musée de Lille à une modélisation géométrique et tectonique par ordinateur.

Jessie CUVELIER & Thierry OUDOIRE. — Les roches et fossiles du Bassin minier du Nord – Pas-de-Calais : un héritage remarquable du Musée houiller de Lille.

Virginie MALOLEPSZY. — Le Centre historique minier, centre de ressources pour la recherche.

Catherine BERTRAM. — Le Bassin minier du Nord – Pas-de-Calais, un patrimoine diversifié à valoriser.

Sandrine LEMAL & Francis MEILLIEZ. — L'après-mine, un nouveau chapitre scientifique du Bassin houiller du Nord – Pas-de-Calais.

Gaëlle NEVEU. — Un laboratoire en vraie grandeur de l'après-mine : quels paysages à venir ?

Carole BURROW & Damien GENDRY. — Lost and found *Machaeracanthus* spines from the Lower Devonian of western France.

Jacques CHARVET. — Paul CELET (1925-2016).

Plus les rubriques récurrentes que sont l'avant-propos (vie de la Société), « la S.G.N. il y a 50 ans », la liste des membres, les instructions aux auteurs et le catalogue des publications.

L'ouvrage collectif sur le thème « Géologie et Grande Guerre » a reçu son titre définitif : « **14-18, la Terre et le Feu – Géologie et géologues sur le front occidental** ». Coordonné par Françoise BERGERAT (A.G.B.P., Université Pierre-et-Marie Curie Paris

6), il comportera une quarantaine de chapitres, des encarts et des « focus », tous illustrés. Il bénéficie pour l'instant de quelques aides financières (réserve d'un parlementaire, Université de Reims-Champagne-Ardenne, Mission Centenaire). Une souscription sera lancée prochainement par Jean-Claude PORCHIER (A.G.B.P.), responsable du projet (cf. le blog dédié : <http://www.agbp.fr/grande>). Une séance spécialisée de présentation du livre par les auteurs lillois de chapitres et par des collègues de l'A.G.B.P. et du COFRHIGEO, co-éditeurs avec la S.G.N., sera organisée en novembre 2018 dans le Nord.

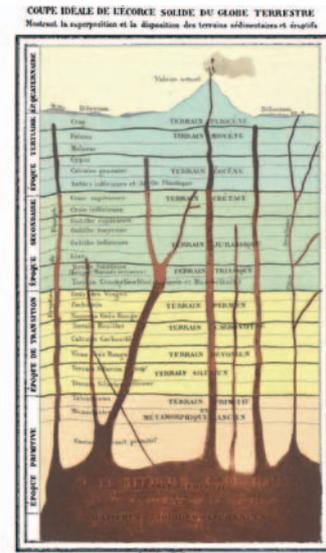
REFERENCES CITEES

- 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. dir., 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.
- BLIECK A. & MEILLIEZ F. (2017). — La Société géologique du Nord il y a 50 ans. Tome LXXXVII des *Annales* (1967). *Ann. Soc. Géol. Nord*, 2^e série, **24** : 11-12.
- BONTE A. (1987). — *A qui la Terre ? Réflexions d'un géologue sur la propriété des richesses naturelles*. Erg édit., Maurecourt, 206 p.
- BOUROZ A., CHALARD J., DALINVAL A. & STIEVENARD M. (1961). — La structure du bassin houiller du Nord de la région de Douai à la frontière belge. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXXXI** : 173-220.
- C.F.P. (M.), COPESEP, R.A.A.P. & S.N.P.A. (1965). — Contribution à la connaissance des bassins paléozoïques du Nord de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXXXV** : 273-281.
- CHARVET J. (2014). — La période dinaro-hellénique de la Société géologique du Nord. In : BLIECK A. & DE BAERE J.-P. dir., 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.
- GOSSELET J. (1895). — Leçon d'ouverture de géologie appliquée, professé à la Faculté des Sciences de Lille le 17 janvier 1895. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **XXIII** : 7-26.
- HADDEN R.L. (2008). — The Heringen collection of the US Geological Survey, Reston, Virginia. *Earth Sciences History*, **27** (2) : 242-265.
- LEMAL S. & MEILLIEZ F. (2017). — L'après-mine, un nouveau chapitre scientifique du bassin houiller du Nord – Pas-de-Calais. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 2^e série, **24** : 59-67
- MALOLEPSZY V. (2017). — La Centre Historique Minier, centre de ressources pour la recherche. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 2^e série, **24** : 51-54
- MEILLIEZ F. (2016). — Le Cambrésis masque-t-il un lien ou une discontinuité structurale entre l'Artois et l'Ardenne ?. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 2^e série, **23** : 26-37.
- MISTIAEN B., BRICE D., BLIECK A., AVERBUCH O., CHARLET J.-M., COCKS L.R.M., COLBEAUX J.-P., DEBUYSER M., DEMARQUE D., DE WEVER P., GROESSENS E., HUBERT B.L.M., LOONES C., MANSY J.-L. (†), MARTINI G., MEILLIEZ F. & VIDIER D. (2016). — Le Boulonnais (Pas-de-Calais) : un patrimoine géologique remarquable, avec une attention particulière au Dévonien. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 2^e série, **23** : 31-39.
- PRUVOST P. (1945). — [Note sans titre]. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXV** : 23-25.

Toutes les informations, actualités et nouveautés sont sur le site Web de la S.G.N. :

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

- Une collection numérique librement accessible de **2 900** ouvrages et volumes de revues
- L'application, la production et la diffusion des sciences et des techniques depuis la Révolution Française jusqu'à la fin de la Seconde guerre mondiale



Louis Figuier.
La terre avant le déluge, 1863

Découvrir IRIS : iris.univ-lille1.fr



Camille Flammarion.
L'atmosphère, 1872

- Les *Annales* et les *Mémoires* de la Société Géologique du Nord depuis le premier numéro jusqu'à aujourd'hui
- Géologie du nord de la France et des régions voisines, cristallographie et minéralogie, *Journal des Mines* et bassin minier, Carnets de terrain de Charles Barrois (1907 et 1913), développement industriel du nord de la France et de la Wallonie, ouvrages de vulgarisation scientifique...

Nous contacter : iris@univ-lille1.fr

Un projet co-porté par les bibliothécaires de LILLIAD Learning center Innovation et les chercheurs en histoire des sciences de l'université de Lille - sciences et technologies, en partenariat avec la SGN, le Musée d'Histoire Naturelle de Lille, le Centre d'Histoire des Sciences et des techniques de l'université de Liège, Centrale Lille et la bibliothèque de l'UMR CNRS 8198 Evo-Eco-Paléo.

La Société géologique du Nord il y a 50 ans

Tome LXXXVII des *Annales* (1967)
Par Alain BLIECK & Francis MEILLIEZ

L'année 1967 est marquée, entre autres, par deux événements d'ordre géologique. Le 18 mars, le Torrey Canyon, un pétrolier géant, s'échoue sur des récifs proches des Cornouailles britanniques et laisse échapper une partie de ses 119 000 tonnes de pétrole brut. Cet accident est considéré comme le premier grand accident pétrolier (<https://fr.wikipedia.org/wiki/1967>). Ce fait divers a aussi servi de thème pour le problème de physique auquel les étudiants de CB-BG1 (DUES = Diplôme universitaire d'études scientifiques, diplôme nouveau cette année-là, réforme Fouchet oblige) ont été soumis (force d'inertie). Le 13 août, le village d'Arette (Basses-Pyrénées) est détruit par un séisme (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Arette>). Les *Annales* SGN n'en ont pas fait mention bien qu'il fût d'intensité VIII sur l'échelle MSK. En revanche, il donna lieu à un article de Hoang-Trong P. et Rouland D. (1971) dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* pour en décrire le mécanisme.

Le Conseil d'administration de la SGN, élu à l'Assemblée générale du 11 janvier, était composé de :

Président d'honneur :	M. Pierre PRUVOST
Présidente :	Mme Simone DEFRETIN
Premier Vice-Président :	M. André DALINVAL
Vice-Présidents :	MM. Charles DELATTRE & Jean DERCOURT
Secrétaire :	M. Jean PROUVOST
Secrétaire-adjoint :	M. Jacques PAQUET
Trésorier :	M. l'Abbé Gilbert TIEGHEM
Déléguée aux Publications :	Mme Paule M. CORSIN
Archiviste-bibliothécaire :	M. Emile MERIAUX
Conseillers :	MM. Alphonse BEUGNIES, René MARLIÈRE, Alexis BOUROZ, Paul CORSIN, Paul CELET et Pierre DOLLE.

La SGN comptait alors 343 membres, l'un des deux maxima enregistrés au cours de son histoire (Blieck *et al.*, 2014, tabl. 5). Parmi ceux-ci, on remarque une bibliothèque municipale (Lille) et sept bibliothèques universitaires (celles de Caen, Lille, Marseille, Poitiers, Rennes, Toulouse et Québec), trois « groupes » des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais (Auchel, Lens et Valenciennes) et douze laboratoires de géologie (Amiens, Brest, Dijon, Mons [en Belgique], Orsay, Paris-Collège de France, Paris-MNHN, Paris-Sorbonne, Reims, St Quentin, Bordeaux et Paris-Quai St Bernard – actuellement Jussieu) — autres temps ... Dès la première séance de l'Assemblée générale du 11 janvier, on apprend que « M. P. DOLLE [Président sortant] fait part à l'Assemblée des démarches effectuées auprès de la Bibliothèque Universitaire de Lille par la Société Géologique du Nord. La prise en charge éventuelle des collections de la Bibliothèque de notre Société par la Bibliothèque Universitaire est envisagée et un projet de contrat est distribué aux membres présents. » Autrement dit, le sujet de préoccupation qu'est la gestion et l'entretien de la bibliothèque de la SGN était déjà à l'ordre du jour. Quand on sait qu'il a été résolu 'définitivement' en 2014 par la signature d'un accord entre SGN et SCD (Service Central de Documentation, devenu Lilliad – Learning Center Innovation en 2016), suivi d'un accord-cadre de partenariat entre SGN et Université Lille 1 en 2015, on peut se dire qu'il y a fallu de la patience et de la persévérance. Comme le disait P. Dollé dans son allocution de Président sortant de la Société (*Annales*, LXXXVII, p. 12) : « Les années que nous traversons sont importantes pour la Société Géologique du Nord qui, si je peux me permettre une comparaison empruntée à l'entomologie, subit actuellement une mue. Elle abandonne son ancienne dépouille [rappelons que la Faculté des Sciences avait déménagé en 1966 à Villeneuve d'Ascq : Blieck, 2016], le berceau de la rue Gosselet, et elle cherche un nouvel abri. La comparaison avec le Bernard l'Ermite serait plus exacte : elle essaie plusieurs logis avant de se fixer : Grand Amphithéâtre de Géologie à Annappes, salle prêtée par les Sciences de la Terre où nous nous trouvons aujourd'hui (et je remercie l'autorité qui nous héberge), plus tard, local de la Bibliothèque Scientifique Universitaire. » Comme on le sait c'est dans le bâtiment des Sciences de la Terre que la SGN a pris l'habitude de se réunir à partir de cette année-là. Quant à la « mue » que la Société était en train de vivre, P. Dollé ne croyait pas si bien dire quand on sait aussi ce qui s'est passé dès l'année suivante sur le campus et ailleurs en France et en Europe (https://fr.wikipedia.org/wiki/1968_en_France, https://fr.wikipedia.org/wiki/Mouvements_sociaux_de_1968_dans_le_monde) ! Autre sujet d'inquiétude du moment, le budget. Lisons P. Dollé : « Enfin, il y a un grand souci pour notre Société. Notre trésorier va vous en parler dans un instant : Comment continuer à financer normalement la publication de nos travaux ? La Recherche Scientifique [le CNRS] nous aide pour une grande part. Les Membres y ajoutent leur participation. Des organismes publics ou privés nous octroient des subventions. Cela n'est pas encore suffisant et il faut trouver d'autres mécènes pour compléter les sommes nécessaires à la parution régulière de nos Annales. » Décidément, on a l'impression que rien n'a changé sous les cieux lillois. La SGN souffre du même mal aujourd'hui et essaie (1) de réduire les coûts de conception et de fabrication de ses *Annales*, donc d'adopter un nouveau « modèle économique », et (2) de migrer vers une nouvelle façon de les publier, éventuellement en ligne (cf. l'enquête qui a été menée auprès de ses membres en 2016). La différence avec l'année 1967, c'est que la SGN ne bénéficie actuellement plus d'aides financières extérieures à l'exception d'une aide récurrente de la société Solétanche Bachy et d'aides ponctuelles sur projets (en particulier au moment des séances thématiques de l'Assemblée générale). L'une des raisons de la recherche d'une évolution du mode de publication des *Annales*, déjà brièvement évoquée dans les lignes de la revue, est la transition que nous vivons au niveau mondial en ce qui concerne la publication des résultats de la recherche scientifique dans des revues périodiques (du mode « lecteur-payeur » vers le mode « auteur-payeur » pour faire bref ; voir par ex. le rapport de l'Académie des Sciences : Bach & Jérôme, 2014).

En 1967 la SGN s'est réunie neuf fois : en Assemblée générale (11 janvier), en séances ordinaires (1^{er} février, 1^{er} mars, 12 avril, 3 mai, 7 juin, 15 novembre et 13 décembre) et en réunion extraordinaire dans le Boulonnais (excursion dirigée par M. Antoine BONTE le 11 juin). L'excursion du Boulonnais était dédiée à la mémoire de Pierre PRUVOST, ancien président prestigieux de la Société, ancien doyen de la Faculté des Sciences de Lille, professeur honoraire à la Sorbonne, membre de l'Institut, décédé à Paris le 5 juin 1967 (cf. Delattre & Waterlot, 1969 ; Gaudant, 2010). Elle a visité les carrières de la Société « Magnésie et Dolomie », de Basse Normandie, Napoléon (désormais incluse dans l'immense carrière de la Société Carrières du Boulonnais) pour se terminer sur la plage d'Audresselles (*Annales*, LXXXVII, p. 110). Les travaux des membres de la SGN ont donné lieu à la publication de 23 articles dans le tome LXXXVII des *Annales* [extrait de la Table des matières du tome, p. 215-217] :

- C. BABIN & C.D. CLAUSEN : Une nouvelle forme du groupe de *Lobobactrites ellipticus* (FRECH, 1897) dans le Famennien de Porsguen (Finistère), p. 17.
- C. DELATTRE & M. WATERLOT-PAYRE : Etude préliminaire du bassin carbonifère de Feixa-Castellás (Pyrénées espagnoles), p. 21.
- Y. LEMOIGNE : Reconnaissance paléobotanique dans le Sahara occidental (Région de Tindouf et Gara-Djebilet), p. 31.
- P.M. CORSIN & E. NAKOMAN : Contribution à l'étude palynologique des Formations tertiaires du Bassin de Thrace. II. - Etude quantitative, p. 39.
- P. DOLLE : Les grès à minéraux lourds du Houiller du Nord de la France, p. 55.
- A.F. DE LAPPARENT & J. PILLET : Sur quelques Trilobites permo-carbonifères d'Afghanistan, p. 67.
- G. DUBAR, J. MAGNE & J. PAQUET : Données nouvelles sur le Jurassique du Subbétique interne, au N de la Sierra de Espuña (Province de Murcie), p. 71.
- J. SOMME : Observations sur les sables et galets diestiens du Mont des Cats, p. 77.
- J. CHALARD : Réflexions sur la définition et la genèse des tonsteins. (Application possible au calcul des temps de dépôt relatifs du charbon et des stériles), p. 87.
- D. BRICE : Deux nouvelles espèces de Rhynchonelloidea dans le Dévonien supérieur d'Afghanistan central, p. 95.
- J. RUEDA-GAXIOLA : Proposition de principes de base pour une classification des pollenospores fossiles, p. 111.
- J. DESTOMBES : Quelques trilobites rares (*Lichas*, *Amphytrion*, *Dionide*) de l'Ashgill (Ordovicien supérieur) de l'Anti-Atlas, Maroc, p. 123.
- P. BROQUET, J. MAGNE & J. SIGAL : La série stratigraphique du Mont Cammarata (Sicani-Sicile), p. 127.
- S. LOBOZIAK & C. SOYEZ : Nouvelles notions sur le genre *Expansisporites* LOBOZIAK, p. 141.
- R. FEYS, J. GEFFROY & P. VETTER : Un cas nouveau de graphitisation du charbon par une intrusion éruptive à Cali (Colombie), p. 145.
- C. BABIN : Présence de *Murchisonia intermedia* ARCHIAC & VERNEUIL 1842 dans le Frasnien du Finistère. Quelques remarques sur les Murchisoniides du Dévonien supérieur, p. 153.
- C. SOYEZ : Etude quantitative des « *Tuberculatisporites* » au Puits du Midi (Groupe de Douai des H.B.N.P.C.), p. 163.
- M. GOULLIART : Le complexe faillé côtier d'Audresselles Sud, p. 179.
- P. DELEAU : De l'importance de l'échelle du phénomène érosion-transport et de la surface d'épandage dans le classement vertical et la disposition horizontale des sédiments pour les sédimentations rythmique et cyclique, p. 171.
- E. MERIAUX : Analyse pétrographique des anthracites de Djerada (Maroc), p. 187.
- G. MENNESSIER : Sur la structure du Trias moyen entre Grasse et Cannes et le rôle du socle dans sa genèse (Alpes-Maritimes), p. 193.
- C. DELATTRE, J. POLVECHE & G. WATERLOT : Aperçu de la structure des terrains carbonifères de l'Avesnois, p. 203.
- J.P. LAVEINE : Supplément à l'étude des Neuroptéridées du Nord de la France. Figuration complémentaire du *Linopteris regniezi* LAVEINE, p. 211.

Ceci correspond à une majorité d'articles sur des terrains paléozoïques (« Primaire » : 15/23), presque entièrement sédimentaires (deux exceptions avec un article sur la genèse des 'tonsteins' et un autre sur une intrusion éruptive en Colombie), avec une part importante dédiée à la paléontologie (spores, trilobites, brachiopodes, paléobotanique), et quelques articles de pétrographie-minéralogie (en particulier des anthracites). Ce tome des *Annales* correspond à un point bas de la courbe du nombre d'articles publiés par la SGN (Blieck *et al.*, 2014, fig. 9) bien que le nombre de ses membres fût l'un des plus élevés jamais enregistrés (*ibid.*, fig. 10). Comment expliquer cette « baisse de rendement » ? Peut-être par le fait que la Société ne s'est pas réunie en septembre-octobre — la première rentrée universitaire dans les nouveaux locaux du SN5 sur le campus d'Annappes (aujourd'hui Université de Lille – Sciences et technologies à Villeneuve d'Ascq, ex Université Lille 1) ayant provoqué quelques perturbations — ce qui a entraîné un déficit d'articles présentés au cours des séances de communications orales, et donc d'articles publiés. Les comptes rendus des séances de l'année ne laissaient pas transparaître d'inquiétude particulière, autre que financière. Ce qui est sûr cependant, c'est que cette année 1967, précédant l'année troublée de 1968, marque le début de la courte période d'acmé de la Société qui va de 1967 à 1974 avant l'amorce d'un déclin certain (Blieck *et al.*, 2014, fig. 10 : baisse de l'effectif des membres, arrêt de la subvention du CNRS). Mais « ceci est une autre histoire » qui sera contée dans les tomes suivants des *Annales*.

Remerciements. — Merci à Patrick Auguste (Chargé de recherche, CNRS) pour sa discussion sur le sujet.

REFERENCES CITEES

- BACH, J.-F. & JEROME, D. (2014). — *Les nouveaux enjeux de l'édition scientifique*. Académie des Sciences, Rapport adopté le 24 juin 2014 : 57 p. World Wide Web address : http://www.academie-sciences.fr/pdf/rapport/rads_241014.pdf
- BLIECK, A. (2016). — La Société géologique du Nord il y a 50 ans – Tome LXXXVI des *Annales* (1966). *Annales de la Société géologique du Nord*, 2^e série, 23 : 9-10.
- 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. *Mémoires de la Société géologique du Nord*, XVII : 3-40.
- DELATTRE, C. & WATERLOT, G. (1969). — Vie et œuvre de Pierre PRUVOST (1890-1967). *Annales de la Société géologique du Nord*, LXXXIX : 285-298 [avec la liste de ses publications].
- GAUDANT, J. (2010). — Les présidents : présidences antérieures – Pierre-Eugène-Marie-Joseph PRUVOST. Société géologique de France ; World Wide Web address : http://sgfr.free.fr/associations/presidents/pruvost_p.php
- HOANG-TRONG, P. & ROULAND, D. (1971). — Le séisme d'Arette et la sismicité des Pyrénées. *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, Paris, (série D), 272 : 3249-3251

LE BASSIN HOULLER DU NORD – PAS-DE-CALAIS EN 2017

The 2017 Nord – Pas-de-Calais coal basin

par Francis MEILLIEZ (*)

Résumé. – Le Centre Historique Minier a accueilli le 8 février 2017 une rencontre initiée par la Société Géologique du Nord, pour examiner les divers héritages scientifiques et culturels de la période d'exploration-extraction du charbon, et mettre en perspective les enjeux de territoire de même nature pour les siècles à venir.

Abstract. – *On the 8th of Feb. 2017, a meeting that was triggered by Société Géologique du Nord was held at the Centre Historique Minier. Various scientific and cultural heritages issued from the producing industrial phase of the coal basin have been presented and questioned to put in perspective similar stakes for that territory during the future.*

Mots-clés. – Nord – Pas-de-Calais ; bassin minier ; Société Géologique du Nord ; patrimoine géologique ; après-mine houiller.
Key words. – Nord – Pas-de-Calais ; coal basin ; Société Géologique du Nord ; geological heritage ; aftermath coal mining.

I. – INTRODUCTION

Le 8 février 2017, le Centre Historique Minier de Lewarde a accueilli l'Assemblée Générale de la Société Géologique du Nord. Le matin était consacré à la réunion statutaire et l'après-midi à une rencontre de divers acteurs qui s'intéressent au bassin houiller du Nord – Pas-de-Calais. Pour la majeure partie des habitants et des acteurs intéressés par le développement socio-économique de ce territoire, la date du 21 décembre 1990 (remontée de la dernière *gayette* à Oignies) marquait symboliquement la fin d'une activité industrielle et de celles qui en dépendaient. La perception de la situation était focalisée sur le plus immédiatement sensible : les pertes d'emploi, de ressources économiques et leurs conséquences individuelles et collectives. De l'aveu même que m'a fait un directeur des HBNPC (Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais) quelques années plus tard, le mot d'ordre reçu par l'exploitant de son actionnaire unique, l'Etat, était d'effacer toute trace superficielle de l'activité extractive afin de permettre à la population de passer à autre chose. A l'époque je jugeais cette position aussi simpliste que radicale. C'est la suite de notre conversation qui, inconsciemment, m'a conduit à organiser cette rencontre du 8 février 2017. Quelles qu'elles soient, les activités humaines à venir seront toujours héritières des effets de celles du passé : héritages culturels partiellement valorisés par le classement UNESCO, héritages physico-chimiques peu perceptibles au citoyen non averti tant pour des raisons d'inaccessibilité que d'évolution dynamique sur des échelles de temps autres que celles du quotidien. Les publications qui suivent remettent en perspective quelques analyses phénoménologiques qui ont jalonné l'activité passée et conditionné l'avenir.

II. – LES EXPOSES

« On ne fait pas des trous impunément », telle est la première réaction, naturelle pour un géologue. Physiquement, il faudra du temps pour que le territoire régional, dans une épaisseur de l'ordre de 1500 m, retrouve un équilibre hydromécanique. De plus, le gisement houiller du Nord – Pas-de-Calais a la particularité d'être entièrement souterrain. Cela lui permet d'échapper aux problèmes de drainage acide que rencontrent les autres bassins houillers d'Europe pourvus d'un accès à l'air libre. Mais cela a aussi engendré une situation où, en toute innocence, un urbanisme non contraint a exposé une large population et ses activités aux effets des affaissements miniers et de leurs conséquences hydrauliques. Un premier article (Meilliez, 2017) rappelle les étapes de la découverte progressive du gisement houiller, dans une ambiance de scientisme triomphant, et contribuant au développement de la géologie naissante. La prérogative de l'Etat sur la propriété des ressources naturelles stratégiques a nécessité le recours au régime des concessions minières à des sociétés privées jusqu'en 1945, à une société nationale ensuite. Ce régime concessionnaire a conditionné toutes les étapes de gestion de l'exploitation. L'esprit de concurrence inhérent au régime privé n'a pas empêché une certaine harmonisation des pratiques à l'issue de la terrible épreuve de 1914-1918. Le passage au régime public a amené une rationalisation indispensable. La sortie de concession, procédure novatrice en France en 1994, a rendu aux édiles municipaux une liberté d'action, bridée de droit depuis longtemps. Une négociation difficile parce que très complexe, a conduit l'Etat et les collectivités à mettre en place un service en charge du suivi technique des conséquences des activités minières, de la préservation et de la valorisation des

(*) Université de Lille – Sciences et Technologies, UMR 8187 du CNRS – LOG, bâtiment SN5 (Sciences de la Terre), F-59655 Villeneuve d'Ascq cedex ; e-mail : francis.meilliez@univ-lille.fr

documents scientifiques et techniques nécessaires à ce suivi (Lemal & Meilliez, 2017).

La période de déclin de la production, aboutissant à la fermeture correspond à la fin des *Trente Glorieuses*, au moment où la société prenait conscience d'avoir traversé une période de développement tant individuel que collectif, accédé à la propriété, accédé à des moyens de communication de plus en plus puissants et personnalisés. De telle sorte que l'individu était pris en étau entre des perspectives d'avenir qui s'assombrissaient et une frénésie de tentations au divertissement sous toutes ses formes. La dégradation des paysages devenait plus sensible au fil des fermetures tandis que la sensation de besoins s'accroissait, au propre comme au figuré. Des initiatives locales (conseil régional, communes, associations, entreprises, citoyens) s'échinaient à enrayer cette dérive et à envoyer des messages d'espoir et de reprise en mains. Le temps fort de cette réaction aura été le classement au Patrimoine de l'Humanité (UNESCO) en 2012 ; ce n'est pas l'accès au nirvana mais l'ouverture d'un nouveau chapitre à écrire (Bertram, 2017 ; Neveu, 2017).

Et puis il y a les actions de valorisation qui doivent se poursuivre et sans cesse améliorer la mise à disposition, la qualité de l'information. *Ma culture commence avec la science de l'autre*. Tous les sujets sont accessibles, à condition de les présenter comme tels. En 1907, Charles Barrois ouvrait le Musée Houiller dans les locaux de la Ville de Lille, aux noms de l'Université de Lille et de la Société Géologique du Nord. Ce lieu dédié a complété le Musée Gosselet, ouvert en 1902 pour mettre à la disposition des chercheurs, des industriels et des citoyens un outil géologique documentaire et des collections (roches, fossiles) qui sont toujours une référence mondiale (Cuvelier & Oudoire, 2017). Alors que le repli de l'activité extractive a commencé, une autre initiative, venue de l'exploitant, a doté le territoire d'un outil de valorisation, lui aussi maintenant mondialement connu : le Centre Historique Minier de Lewarde. Une présentation des missions et des outils de ce centre illustre bien qu'il est possible et souhaitable de mettre la science et le citoyen à portée l'un de l'autre, tant sous forme d'étude que de loisir (Malolepszy, 2017). Enfin, l'inextinguible soif de comprendre dépasse l'épisode de l'extraction. Et l'article de Graveleau *et al.* (2017) démontre que les efforts dans ce sens, entrepris même au début du XXe siècle, sont toujours fertiles : de la représentation 3D sur plaques de verre à la modélisation 4D numérique, l'aventure scientifique n'est pas terminée.

III. – CONCLUSION : LE GISEMENT HOULLER EST-IL ÉPUISÉ ?

La formulation un peu provocante de ce titre a pour seul objectif de regarder bien en face la réalité géologique des ressources naturelles disponibles sous et sur ce territoire : charbon, gaz, terrils, eau. Le charbon et le gaz sont des produits stratégiques au sens du Code Minier (www.legifrance.fr), leur exploitation ne peut être conduite que sous le régime d'une concession de l'Etat. L'exploitation des terrils relève du droit des carrières, celle de l'eau est régie par le Code de l'Environnement (www.legifrance.fr). Même si les efforts de modélisation qui se préparent (Graveleau *et al.*, 2017) laissent augurer d'une meilleure compréhension de la géologie régionale sur une épaisseur qui pourrait faire le lien avec la connaissance géophysique profonde (Cazes & Torreilles, 1988), le résultat essentiel énoncé par Pruvost (1930) est toujours valide : le gisement de charbon du Nord – Pas-de-Calais est l'extrémité occidentale très effilochée d'un bassin d'avant-pays orogénique qui, par la Belgique et l'Allemagne, peut être suivi jusqu'en Europe Centrale. En Nord – Pas-de-Calais, la série est incomplète, les veines sont moins épaisses et très discontinues.

Il n'empêche que la structure de détail a besoin d'être mieux comprise, ne serait-ce que pour mieux circonscrire les effets des modifications induites par la phase d'extraction (Meilliez, 2017).

On aura compris que dans le contexte économique mondial, la réserve de charbon solide d'accès facile est épuisée en Europe du nord-ouest. Cette phase d'extraction aura permis de constater que dans le Nord – Pas-de-Calais, l'état de fracturation des roches constituant le gisement, son encaissant (sous et autour) et ses morts-terrains (couches récentes surmontant le gisement) est intense à très intense. La phase actuelle de remontée des eaux dans les vides résiduels constitue une expérience en temps réel : l'eau met en pression le gaz (le grisou) qui occupe l'atmosphère souterraine. Pour éviter tout risque de fuite au travers de terrains très fracturés sur lesquels vivent plus de 1,2 millions de personnes, ce gaz est pompé afin de maintenir le réservoir en sous-pression le plus longtemps possible. La désorption naturelle du gaz s'arrêtera lorsque l'eau aura tout ennoyé. Certes, il reste du charbon solide, donc du gaz dont la désorption pourrait être stimulée pour exploitation. S'il s'agit d'aller chercher du gaz dans les terrains non encore exploités entre les vides miniers résiduels, c'est mettre en œuvre une opération contraire à ce que la mise en sécurité du gisement demande, avec plus de 1,2 millions d'habitants au-dessus. C'est aussi réinvestir pour empêcher l'eau de remonter (remettre en route les pompes d'exhaure) pour que le réservoir existant puisse encore servir en tant que réservoir comme il le fait depuis 1990, mais en le maintenant artificiellement en sous-pression, comme aujourd'hui, pour tenter de prévenir les fuites éventuelles, sans certitude d'y réussir de façon durable. S'il s'agit d'aller chercher du gaz à faire désorber venant d'autres couches que celles des terrains miniers, c'est d'abord accroître la surface d'investigation, et donc l'effectif de population sous laquelle les opérations seraient menées. Or l'état de fracturation de ces couches est à peine moins intense hors du bassin houiller, notamment à cause d'une tectonique peu spectaculaire, mais toujours vivante. Il suffit de consulter le Bureau Français de Sismologie pour s'en convaincre (www.franceseisme.fr), et les *Annales de la Société Géologique du Nord* (<http://iris.univ-lille1.fr/handle/1908/32>). Enfin, le succès que rencontre l'exploitation des gaz de schistes aux Etats-Unis ne peut être un argument encourageant, car il faut comparer ce qui est comparable. Les Etats-Unis disposent de trois gigantesques réservoirs de charbon et de gaz dérivé : celui des Appalaches (Pennsylvanie, Virginie occidentale, Ohio, Tennessee, ...) prolonge vers l'ouest celui du Nord de la France et du sillon de Sambre-et-Meuse ; celui qui occupe une situation analogue de bassin d'avant-pays, mais plus jeune, à l'ouest du continent nord-américain au front des Rocheuses (Montana, Wyoming, Colorado, Nouveau Mexique, ...) ; et celui qui s'étend sous les immenses plaines centrales (Dakotas Nord et Sud, Minnesota, Wisconsin, ...), dans des bassins peu épais et peu profonds qui n'ont jamais été déformés par l'évolution géologique postérieure. Là sont les véritables réserves en cours d'exploitation, sur des territoires où la densité de population est inférieure à la densité des zones les moins peuplées du Nord – Pas-de-Calais. Les conditions d'exploitation sont donc favorables uniquement sur ces grands bassins. La géologie européenne n'a pas de réservoir de taille comparable. Les compagnies pétrolières qui avaient été un moment tentées par d'éventuels gisements polonais l'ont vite compris et s'en sont retirées.

L'avenir du charbon comme ressource énergétique n'est plus inscrit dans le gisement houiller du Nord – Pas-de-Calais.

BIBLIOGRAPHIE

- BERTRAM C. (2017). – La Bassin minier du Nord – Pas-de-Calais, un patrimoine diversifié à valoriser. *Annales de la Société Géologique du Nord*, 2e série, **24** : 57-59
- CAZES M. & TORREILLES G. coord. (1988). — *Etude de la croûte terrestre par sismique profonde. Programme ECORS – Profil Nord de la France*. Technip, Paris : 260 p.
- CUVELIER J. & OUDOIRE T. (2017). – Les roches et fossiles du Bassin minier du Nord – Pas-de-Calais : un héritage remarquable du Musée houiller de Lille. *Annales de la Société Géologique du Nord*, 2e série, **24** : 43-49
- GRAVELEAU F., AVERBUCH O., CREPIN B. & OUDOIRE T. (2017). – Projet de modélisation en 4-D du bassin houiller du Nord – Pas-de-Calais : des tables de verre du Musée de Lille à une modélisation géométrique et tectonique par ordinateur. *Annales de la Société Géologique du Nord*, 2e série, **24** : 33-41
- LEMAL S. & MEILLIEZ F. (2017). – L’après-mine, un nouveau chapitre scientifique du bassin houiller du Nord – Pas-de-Calais. *Annales de la Société Géologique du Nord*, 2e série, **24** : 61-69
- MALOLEPSZY V. (2017). – La Centre Historique Minier, centre de ressources pour la recherche. *Annales de la Société Géologique du Nord*, 2e série, **24** : 51-55
- MEILLIEZ F. (2017) – Héritages de l’exploitation industrielle et scientifique du gisement Houiller du Nord et du Pas-de-Calais (Carbonifère supérieur), une longue histoire (XVIIe – XXIVe siècles). *Annales de la Société Géologique du Nord*, 2e série, **24** : 17-31
- NEVEU G. (2017). – Un laboratoire en vraie grandeur de l’après-mine : quels paysages à venir ? *Annales de la Société Géologique du Nord*, 2e série, **24** : 71
- PRUVOST P. (1930). – Sédimentation et subsidence. *In* : Centenaire de la Société Géologique de France. Livre jubilaire (1830-1930) : 545-564.

HERITAGES DE L'EXPLOITATION INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE DU GISEMENT HOULLER DU NORD ET DU PAS-DE-CALAIS (CARBONIFERE SUPERIEUR), UNE LONGUE HISTOIRE (XVII^e – XXIV^e SIECLES)

Industrial and scientific heritages from the Nord – Pas-de-Calais coal basin (Upper Carboniferous), a long history (XVIIth – XXIVth centuries)

par Francis MEILLIEZ (*)

Résumé. – La phase d'extraction du charbon dans le bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais s'est étendue de la fin du XVII^e siècle à la fin du XX^e siècle. Elle a contribué à l'émergence d'un scientisme triomphant qui a marqué notre culture occidentale. Elle a aussi bénéficié de ses effets en termes de développement économique, jusqu'à l'étouffement, puisque l'arrêt de l'extraction sur ce bassin est un résultat inévitable du jeu économique mondial. Mais elle a aussi contribué au développement de la connaissance (géologie, chimie, sociologie pour l'essentiel) et, par voie de conséquence, d'une société très dépendante de l'industrie. Au cours des vingt dernières années d'exploitation la prise de conscience progressive et mondiale des effets environnementaux de toutes ces activités ouvrait un nouveau champ d'investigation scientifique, pluridisciplinaire : celui du développement durable. L'UNESCO a labellisé en 2012 un important héritage mobilier, immobilier et culturel. Une façon de le valoriser est de poursuivre l'étude scientifique dont une part participe à cet héritage (archives). Les scientifiques de la région peuvent encore s'en faire une spécialité, déjà nécessaire ailleurs dans le monde.

Abstract. – *Coal extraction from the underground Nord – Pas-de-Calais basin had been exploited from the end of XVIIIth century until the end of XXth century. It had contributed to the triumphant scientism that strongly imprinted our western culture. It also had benefited of economic effects until suffocation as the closing of exploitation is an unavoidable back-effect of worldwide economy. However it also contributed to a worldwide knowledge development (geology, chemistry, sociology at first), and to a strong industrial-linked way of life. Only during the last twenty years of extracting activity progressively has upraised a global consciousness of environmental effects of such activities and the opportunity for opening a new research field, scientific and multidisciplinary about sustainable development. Since 2012 UNESCO has labelled on that area an important heritage (securities, properties, cultural). Highlighting this heritage might be done by more detailed scientific studies from the available data (archives). Regional scientists could succeed to become specialists of such tasks, as this knowledge is already useful elsewhere around the world.*

Mots-clés. – Bassin houiller, Paléozoïque, histoire de la géologie, industrie du charbon, après-mine.
Key words. – *Coal basin, Palaeozoic, history of geology, coal industry, aftermath coal.*

I. — INTRODUCTION

Le gisement houiller du Nord – Pas-de-Calais a été déclaré économiquement épuisé, puis l'extraction a cessé le 21 décembre 1990, à Oignies (62), à quelques centaines de mètres du puits qui avait donné un second élan à son exploration en 1841. Pour beaucoup, l'arrêt de l'extraction du charbon a signifié la fin de vie du bassin minier, c'est-à-dire du territoire contenant le gisement houiller. Mais ce n'est pas la fin de vie du territoire taraudé. On ne fait pas des trous impunément : plusieurs phénomènes souterrains, évolutifs, affectent les couches géologiques et la surface. De plus, l'exploitation a engendré de très importants changements d'occupation du sol (assèchement, urbanisation, ...) et donc de l'hydrosystème. Toutes ces modifications entraînent des ajustements permanents, lents, peu perceptibles mais interactifs, dont certains mettent à mal l'espèce humaine et ses réalisations aux interfaces lithosphère

/ atmosphère / hydrosphère. Certaines sont réversibles, d'autres non. Par voie de conséquence, la biosphère est également affectée de transformations dont l'étude sort du cadre de cette publication. L'analyse de ces effets négatifs et des palliatifs que l'Homme tente d'y opposer fait l'objet d'un autre article (Lemal & Meilliez, 2017). En revanche, la présente publication évoque le développement de la connaissance géologique acquise lors de l'avancement de l'exploitation de ce gisement et celle qui reste à découvrir au-delà de la phase d'extraction : analyse exhaustive des documents d'archives, phénomènes d'ajustements consécutifs à l'extraction et leurs interactions avec l'environnement actuel et à venir (au moins jusqu'au XXIV^e siècle). Une part est inscrite dans l'héritage scientifique dont bénéficie la communauté universelle des chercheurs en géologie. Cet héritage complète les nombreuses études économiques et sociales qu'a suscitées ce bassin houiller, et doit être reconnu comme tel dans la valorisation qu'apporte la labellisation par

(*) Université de Lille – Sciences et Technologies, UFR Sciences de la Terre (SN5), F-59655 Villeneuve d'Ascq cedex ; e-mail : francis.meilliez@univ-lille1.fr

l'UNESCO *Patrimoine de l'Humanité*. Le développement de la connaissance scientifique a naturellement suivi l'exploitation avec un certain décalage temporel, mais l'a aussi souvent remise dans la bonne direction. L'exposé ci-dessous est structuré en trois périodes (Fig. 1) :

du XVIIe siècle à la Première Guerre mondiale : une découverte tâtonnante et progressive, avec lente montée de la production et mise en place des principaux faits de connaissance ;

de 1914 à 1945 : un développement interactif de la production et de la connaissance ;

de 1946 à nos jours : une connaissance qui éclaire les causes géologiques à la décision d'arrêt de l'exploitation.

A quoi il est nécessaire d'ajouter une période prolongeant la précédente de quelques siècles, seulement évoquée ici et présentée plus largement par Lemal & Meilliez (2017) : l'apprentissage du retour à un équilibre naturel pour le territoire, impliquant une adaptation continue pour les activités humaines qui veulent vivre sur ce territoire.

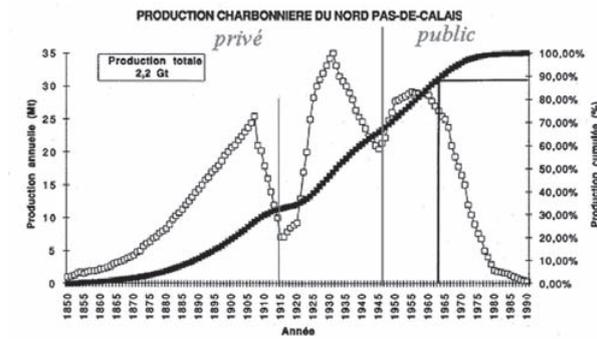


Fig. 1. — Courbe de distribution de la production de charbon (carrés blancs) et courbe cumulative (carrés noirs) de 1800 à la fin de l'extraction (1990), d'après les données rassemblées par Viseux (1991). La production cumulée est au moins de 2,2 Gt, à quoi il faut ajouter environ 0,2 Gt pour le XVIIIe siècle. Un trait vertical marque le début de la Première Guerre mondiale et un autre la fin de la Seconde.

Fig. 1. — Statistical distribution of coal production (white squares) and cumulative curve (black squares) from 1800 to 1990, end of mining (Data from Viseux, 1991). Production as a whole is at least 2.2 Gt ; approximately 0.2 Gt must be added as the XVIIIth century production. A vertical line marks the 1st World War onset and another one marks the end of 2d World War.

II. — APPRENDRE EN MARCHANT

1) Une découverte progressive (du XVIIe siècle à la Première Guerre mondiale)

a) Du charbon de terre dans le Boulonnais

« Le 22 septembre 1692, le duc d'Aumont s'engage à payer à Antoine Hénichart, laboureur à Hardingham, la somme de 50 livres par an pour la concession faite à lui-même ou à ses entrepreneurs, de tirer le charbon dans ses terres dépendant de la maison dudit Hénichart ». Ce texte a été fourni par Jean-Pierre Hénichart, actuel descendant d'Antoine Hénichart (né à

Hardingham en 1645), dont un labour avait inopinément mis au jour ce qu'on appelait alors le *charbon de terre* pour le distinguer du charbon de bois. Jean-Pierre Hénichart est actuellement membre de la Société des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille, dont le rôle a été notable dans l'émergence de la Faculté des Sciences de Lille et lors du recrutement de Jules Gosselet, premier titulaire de la chaire de géologie à Lille, en 1864.

Le mot *houille* serait wallon d'origine : *hoye* est un mot liégeois signifiant *fragment*, dont l'usage est attesté au moins depuis le XIIIe siècle (Dauzat *et al.*, 1971). Le 5 juillet 1914, Charles Barrois accueillait au Musée Houiller de Lille l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège avec respect et reconnaissance, en évoquant « *Houillos, ce forgeron de Liège, dont nous répétons le nom tous les jours, exploitait déjà chez vous le précieux combustible au XIème siècle* » (Barrois, 1914). Les deux explications s'accordent au moins pour situer dans la Principauté de Liège les premières exploitations aériennes du *charbon de terre* en Europe, au cœur du Saint Empire Romain Germanique. L'extraction de la houille s'est développée vers l'ouest (Namur, Charleroi, Mons) à partir de points d'affleurement. De même en Angleterre dont elle contribuait à la montée en puissance industrielle dès la fin du XVIIe siècle (Radau, 1876). En toute logique, la probabilité de trouver un gisement de houille entre les terres d'Empire et l'Angleterre était renforcée par la découverte faite par le Sieur Hénichart en Boulonnais. Or les industriels avaient besoin d'un combustible qui puisse se substituer au bois, lequel se faisait de plus en plus rare, et dont la difficulté à le transporter imposait une utilisation à proximité de la ressource forestière. Les verriers en particulier, à la périphérie du massif ardennais (Hainaut, Thiérache), disposaient de gisements de sables divers et devaient déboiser de plus en plus pour fabriquer l'indispensable charbon de bois (information plus précise disponible au Musée du Verre, à Trélon). Par ailleurs le Traité d'Utrecht (1713), mettant fin à la Guerre de Succession d'Espagne, fixait une frontière linéaire entre la France et ses voisins, conception nouvelle, pensée et mise en œuvre par Louvois et Vauban (Girard d'Albissin, 1970). De ce fait, les affleurements de charbon les plus occidentaux du Borinage (à l'ouest et sud-ouest de Mons) se trouvaient hors de France. C'est pourquoi, à l'exception du pointement du Boulonnais, le gisement houiller du Nord et du Pas-de-Calais est strictement souterrain. Rien, en surface, ne trahit sa présence et ne permet donc de détecter la direction dans laquelle le traquer. Sur le territoire français, l'exploration n'a pu se faire d'abord qu'à force de puits (3 à 6 m de diamètre), ensuite de forages (moins de 0,60 m de diamètre), technologies demandant du temps avec beaucoup d'incertitudes. Durant un siècle environ, la recherche a été fortement aléatoire : les notions géologiques de base (disposition en strates plus ou moins continues, plus ou moins inclinées, plissées, faillées) sont alors totalement inconnues. C'est le pragmatisme de la découverte qui guide l'exploration : on trouve au hasard à partir du Borinage puis on suit le filon ! L'apprentissage se fait peu à peu, souvent dans la douleur, à la suite d'accidents entraînant éboulements et/ou inondations ; Dollé (1985) en rapporte quelques témoignages. Le présent article tente de relater les étapes cruciales dans l'acquisition d'un savoir scientifique, que la communauté internationale des géologues et mineurs partage, davantage par nécessité que par altruisme, afin de comprendre l'organisation interne d'un gisement houiller et d'en tirer un modèle utile à toute forme d'exploration.

b) L'émergence de la Compagnie des Mines d'Anzin

Un tel processus est évidemment très dispendieux, et nombreuses ont été les faillites. Pour illustrer les difficultés et incertitudes de l'amorce de l'exploitation, examinons le cas du

Encadré I. — Les charbons
 Les charbons sont une forme solide d'hydrocarbures, dont la liaison chimique carbone-hydrogène constitue la réserve énergétique recherchée, libérée par combustion en présence d'oxygène. C'est l'enfouissement géologique à l'abri de l'oxygène de l'air qui a évité la combustion naturelle ; l'Homme achève cette combustion dans les diverses machines industrielles qu'il a conçues. Quelques autres éléments sont associés en faible quantité, dont le soufre, l'azote, le phosphore, quelques métaux et radionucléides. Les charbons proviennent essentiellement de matières organiques végétales (arbres et arbustes, fougères, spores et pollens), dont les traces fossilisées abondent dans les sédiments fins (schistes, charbon). Une classification macroscopique range ces matériaux en fonction de leur degré d'évolution (Rang), de la tourbe au graphite ; ce qui reflète en première approximation la trajectoire thermodynamique subie par les sédiments au cours de leur évolution tectonique. La teneur en carbone du charbon lui est directement liée. La houille proprement dite peut elle-même être différenciée selon sa teneur en matières volatiles, c'est-à-dire sa teneur en molécules hydrocarbonées de petite taille, adsorbées sur les particules solides dans le sédiment, mais qui se libèrent facilement dès la mise à l'air des fragments extraits et/ou le début de la combustion. Cette teneur dépend d'abord de la nature des matériaux végétaux à l'origine du charbon. Ces molécules légères constituent le gaz de houille, gaz de mine ou gaz de couche, selon la culture de référence de celui qui en parle ; c'est le gaz naturel. Les usages possibles de la houille dépendent de cette teneur en matière volatile. La forme la plus recherchée (houille grasse entre 20 et 28% de matières volatiles) servait à faire du coke pour les besoins de la sidérurgie (réduction du minerai de fer pour en extraire le métal). A l'échelle microscopique, les études très fines sur les composants des charbons ont conduit à préciser les conditions sédimentologiques de dépôt (p. ex. Duparque, 1933). De plus, les spores et pollens ont permis d'affiner la datation relative des divers corps sédimentaires dans lesquels les veines de charbon sont intercalées (p. ex. Paproth *et al.*, 1983 ; Laveine *et al.*, 2003).

territoire connu sous le nom de *concession d'Anzin*. Les citations qui suivent sont extraites des dossiers de négociation de sortie des concessions minières : (CDF, 2003 : Anzin, tome 1 : p. 31) : « Le 1er juillet 1716, le vicomte Jacques Désandrouin, Bailli de Charleroi, Seigneur d'Heppignies, de Lodelinsart et autres lieux, capitaine de dragons au régiment français de Flavacourt, son frère Pierre Désandrouin Desnoelles, maître verrier entre Condé et Valenciennes, s'associaient à d'autres personnes de la localité, Nicolas Desaubois, notable de Condé sur Escaut, receveur du Prince de Croÿ, Pierre Taffin, ancien conseiller du Roi au Parlement de Flandres et Procureur Général du Hainaut Français, Jacques Richard, notable de Condé, receveur des fermes du Roi à Condé et beau-frère de Pierre Taffin, pour rechercher le charbon dans la région de Fresnes sur Escaut. Jacques Désandrouin s'assura alors du concours de Jacques Mathieu, bailli de Lodelinsart qui dirigeait ses mines des environs de Charleroi. Le 1er juillet 1716, munie d'une permission spéciale de recherches, la Compagnie nouvellement créée et portant le nom de Desaubois, entreprit ainsi les premiers travaux de recherches du charbon dans le Nord de la France, à Fresnes, sous la conduite de Jacques Mathieu. Les deux premiers puits appelés Point du Jour furent creusés le long de la route de Valenciennes à Condé mais les conditions de creusement difficiles ne permirent pas de découvrir le précieux charbon et leur fonçage fut abandonné en 1717. » La compagnie est dissoute, mais renaît aussitôt selon une procédure qui, aujourd'hui, serait décrite comme une recapitalisation. La recherche continue ; une veine de charbon est atteinte le 3 février 1720, à moins de 100 m de profondeur, dont la puissance est inférieure au mètre. « Il s'agissait cependant de charbon maigre seulement propre à la cuisson des briques et de la chaux et dont la vente était difficile. » De surcroît, « dans la nuit du 24 décembre 1720 : une pièce de cuvelage conçue en bois de hêtre au lieu du chêne employé jusqu'alors, céda sous la pression des eaux qui envahirent le puits, engluant les travaux. » La

Encadré II. — Les concessions minières
 Les substances minérales sont classées en deux groupes : celles dites stratégiques sont exploitées en mine, les autres en carrière (Articles L100-1 et L100-2 du Code Minier www.legifrance.gouv.fr). L'article L111-1 fixe la liste des substances minérales stratégiques, qui sont, par définition, propriétés de l'Etat, royal, impérial ou républicain. L'Etat, ne possédant pas en propre les moyens techniques pour procéder aux opérations d'exploration/exploitation, concède un territoire à un tiers, lequel était privé jusqu'en 1945, public de 1946 à la dissolution de Charbonnages de France (2007). En juillet 1914, le gisement du Nord et du Pas-de-Calais était découpé en 49 concessions, dont 2 dans le Boulonnais, exploitées par 25 compagnies privées, gérant 130 fosses actives et produisant à l'année 27 millions de tonnes de charbon (Barrois, 1914).

Fig. 3. — Les concessions minières : A – le gisement houiller est souterrain, sous les terrains crétacés (vert) et paléogènes (orange). B – l'exploitation a été concédée par l'Etat à des sociétés privées jusqu'en 1945, nationalisées en 1946 ; la carte montre la progression historique des concessions d'est en ouest.

Fig. 3. — Mining concessions : A – Coal-bearing terranes are underground, below Cretaceous (green) and Paleogene terranes (orange). B – Private companies had exploited coal through concessions from the State until 1945 ; nationalization occurred in 1946. The map illustrates historical progress of the concession process.

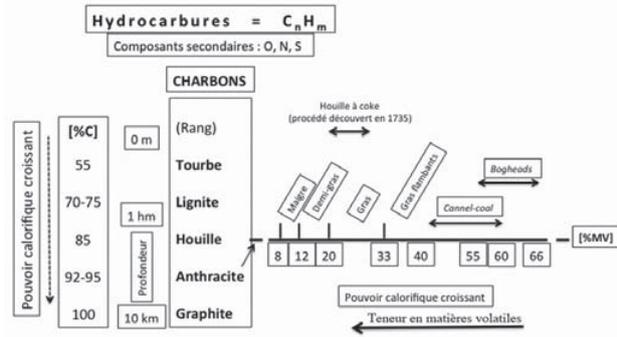
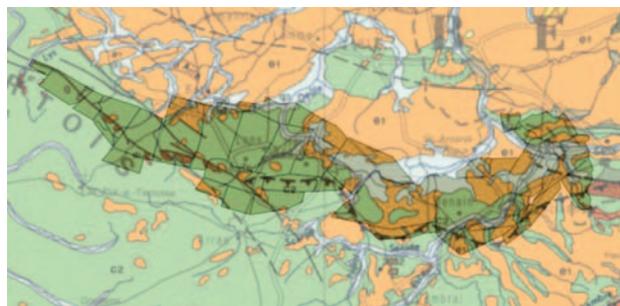


Fig. 2. — Les charbons sont des hydrocarbures solides dont la typologie est définie, selon l'objectif poursuivi, soit par la teneur en carbone, soit par le rang, soit par la teneur en matières volatiles.

Fig. 2. — Coal is a solid hydrocarbon resource ; classifications are built according to carbone content, rank, or volatile content, depending of use for coal.

Compagnie Desaubois sombre encore, des actionnaires partent. Une troisième compagnie se constitue avec ceux qui restent ; elle entreprend deux nouveaux puits. En 1723, ils retrouvent une veine de charbon maigre. Enfin leurs efforts sont récompensés en 1734 avec la découverte d'une veine de houille grasse (Fig. 2).

Dès lors c'est une autre partie qui se joue, administrative. L'autorisation d'explorer et d'exploiter le charbon de terre faisait l'objet d'un Arrêt Royal, certes. Mais la perspective de trouver de la houille grasse, rémunératrice, rappela à quelques héritiers que « la législation féodale qui réservait aux seigneurs hauts justiciers le droit de disposer de l'avoir en terre 'non extrayé', c'est-à-dire de la richesse minérale qui pouvait exister dans leurs terres » était toujours en exercice. En foi de quoi « Le prince Emmanuel de Croÿ, Prince du Saint Empire, Seigneur Haut Justicier de Condé, Vieux Condé et autres lieux, propriétaire de la seigneurie de Fresnes, et le Marquis de Cernay, Auguste Marie Le Danois, Seigneur Haut Justicier de Raismes, forts de ce droit, voulurent exploiter eux-mêmes le charbon. » Bien sûr ils comprirent vite ne pouvoir se passer des techniciens



ayant l'expérience de la mine. Une période agitée de procès et tractations diverses, vit aussi l'émergence de nouvelles sociétés. L'invention du procédé pour fabriquer le coke nécessaire à la sidérurgie, en 1735, posait un enjeu économique supplémentaire. Le prince Emmanuel de Croÿ, en administrateur avisé, prit les choses en main le 19 novembre 1757, dans sa « maison de chasse » dite de l'Hermitage à Condé/l'Escaut, où fut signé un contrat associant les deux premières compagnies pour fonder une des sociétés minières les plus prospères jusqu'en 1945, la Compagnie des Mines d'Anzin.

Il faut bien distinguer les compagnies, qui sont des entités juridiques administratives, des concessions qui sont des territoires concédés par l'Etat à une société pour procéder aux opérations techniques d'exploration/exploitation (Encadré II, Fig. 3). Les compagnies étaient en concurrence pour l'obtention de concessions. Octroyée d'abord pour une durée limitée, une concession abandonnée était alors une foire d'empoigne pour les sociétés présentes sur le marché. La situation engendra de nombreux conflits si bien que la loi de 1810, ancêtre du Code Minier (voir le site web *Legifrance*), accorda la perpétuité à toutes les concessions, apaisant ainsi les tensions.

c) Une conséquence actuelle de ces débuts chaotiques

De cette période initiale résulte une situation qui, aujourd'hui, n'est pas évoquée par les pouvoirs publics à la hauteur des enjeux qu'elle induit. La recherche était si peu organisée que le nombre de puits percés pour rien est totalement inconnu, de même que leur localisation exacte. Au XVIII^e siècle, aucun service n'était en mesure d'inventorier tous les ouvrages ouverts, leur localisation précise, la profondeur atteinte, la raison de l'abandon, la qualité du remblaiement. Mais à l'époque, la densité de population était faible, l'habitat rare et non exposé. Et personne n'imaginait alors qu'un jour l'occupation du sol serait ce qu'elle est aujourd'hui. La notion de risque postérieur aux travaux d'exploration n'existait donc pas. Lors de la nationalisation de 1946, l'Etat a « mis dans la corbeille » de Charbonnages de France les ouvrages qui servirent, abandonnés ou non. Aucun des ouvrages stériles précédents n'a figuré dans l'actif de départ de la nouvelle société, entre autres parce que les archives n'existaient pas, ou ont été détruites durant les nombreux conflits que la région a subis entre 1716 et 1945. Pour donner une idée de cette perte de mémoire, un travail d'enquête réalisé avec des étudiants de DESS (Master 2 actuel) en 2000 sur le territoire de la commune de Vieux-Condé avait validé 47 sites possibles de puits amorcés mais n'ayant pas nécessairement abouti, tandis que le dossier de sortie de concession relève 9 puits patrimoniaux et 10 identifiés hors patrimoine (CDF, 2004 : Vieux-Condé : t. 1, p. 63-71). Les sites stériles du XVIII^e siècle sont donc des sites orphelins, puits au remplissage décomprimé par rapport à l'état initial du massif rocheux traversé, dont certains peuvent être inopinément mis au jour lors de terrassements.

d) Les investisseurs ne sont pas des mineurs, encore moins des géologues

Seuls le risque d'éboulement du puits et le risque financier étaient ressentis. Le taux de perte étant élevé, l'initiative d'une recherche ne pouvait donc que reposer sur un appui financier important. Ceux qui s'engagent dans l'aventure, dès le début, sont donc des bourgeois industriels (textile, métallurgie), commerçants, banquiers et quelques aristocrates argentés. Mais quels qu'ils soient les financiers avaient besoin du technicien sachant, le mineur, celui qui sait percer un trou dans le sous-sol et l'étayer de façon durable pour éviter les éboulements.

C'est le cas de Jacques Mathieu pour la concession d'Anzin (cf. § 1b). Les mineurs observent que les couches progressent du nord-est vers le sud-ouest, ce qui explique que la poursuite de l'exploration s'effectue vers Douai jusqu'au milieu du XIX^e siècle (Fig. 3). C'est sur ce territoire que les mineurs ont appris de leurs prédécesseurs allemands et wallons, à traverser les morts-terrains et leurs aquifères et à s'en prémunir (Dollé, 1985). C'est aussi dans ce tronçon, comme dans le Borinage, qu'ont été identifiées de nombreuses poches de dissolution affectant les terrains paléozoïques, comme celles qui ont piégé les iguanodons de Bernissart. L'une d'elles, responsable de plusieurs éboulements et inondations, connue sous le nom de *Torrent d'Anzin*, a inspiré Zola pour son roman *Germinal*. En revanche, dans le secteur de Condé/l'Escaut et Vieux-Condé, la crainte était de descendre trop bas au risque d'approcher de trop près le Calcaire Carbonifère, aquifère en charge alimenté par affleurements en Hainaut belge, et d'entraîner une inondation par rupture du plancher des chantiers d'abattage. Tout étant à apprendre, les conditions de travail étaient rudimentaires (Dumont, 1999). Enfin c'est aussi durant la première moitié du XIX^e siècle que le machinisme investit la mine : pour exhaurer les travaux souterrains, remonter le charbon, descendre/remonter les hommes, les fosses doivent investir sans cesse dans des machines de plus en plus puissantes, mais aussi de plus en plus encombrantes en surface. Ce qui, à son tour, induit une adaptation permanente de l'organisation des fosses « au jour » (Dumont, 2013). Toutefois, il n'y a toujours pas de nouvelle méthode pour déceler où forer le prochain puits à coup sûr.

e) L'apparent « décrochement » du filon de houille

Au-delà de Douai, les recherches se sont poursuivies, toujours dans la même direction, au sud-est d'Arras et jusque la région de Doullens. L'ingénieur des mines chargé du service du sous-arrondissement minéralogique d'Arras, Charles Du Souich (1812 – 1888), en poste de 1835 à 1852 (Castel, 1891), devait accompagner et conseiller les sociétés qui entreprenaient des recherches. Du Souich suspectait que la rarefaction de découvertes nouvelles ne traduisait une modification brusque dans la structure du bassin minier. Il sera le premier à suggérer que le modèle du bassin houiller unique dût être remplacé par celui d'une succession de bassins synclinaux étroits ; ce que Barrois présentera et argumentera le 5 juillet 1914 devant les ingénieurs des Mines de Liège. Et Du Souich encourage les explorateurs à regarder vers le nord de Douai. De façon indépendante, à Oignies en 1841, Mme Crombez veuve de Clercq, fait creuser un puits pour obtenir de l'eau. Fait rare, le puisatier ne trouve pas d'eau et poursuit son ouvrage jusque 170 m de profondeur où, directement sous la craie, il rencontre une veine de charbon gras (CDF, 2000 : Dourges, Texte, p. 34). Une concession sera octroyée en 1852, mais les industriels ont déjà compris que Du Souich avait raison et qu'un « décrochement » vers le nord affectait la structure du gisement houiller. Dès lors le développement vers l'ouest fut fulgurant (Fig. 3B), dans une concurrence acharnée et fébrile entre anciennes et nouvelles sociétés d'exploration/exploitation. Les concessions se multiplient jusqu'en 1908. Aucune autre concession ne sera sollicitée ensuite, la guerre 14-18 marquant un changement stratégique (cf. § 2b).

Dans une conception matérialiste et positiviste du progrès, dominante à l'époque, le développement simultané du chemin de fer n'est pas étranger à ce « cercle vertueux » : il implique le développement de la métallurgie et améliore l'efficacité de la mobilité. Mais ces liens de cause à effet peuvent être pernicieux (Lapparent, 1890). Certaines concessions rencontrent des difficultés à écouler au loin leur production faute d'accès direct à la voie d'eau, solution la plus simple. L'absence de relief

rédhibitoire favorise le déploiement d'un réseau de voies d'eau (canal de St-Quentin en 1810, canal de la Sensée en 1820, canal d'Aire en 1825, Compagnie des Chemins de Fer du Nord à partir de 1845). Enfin, au nom d'une rationalité industrielle, l'habitat minier est développé au plus près des fosses de production, indépendamment de la localisation des villages préexistants : Sallaumines et Noyelles-sous-Lens en sont des exemples particulièrement nets avec des modalités différentes (Dubar *et al.*, 1982).

Dans ce contexte où l'ingénieur organise, planifie, met en œuvre, il y a peu de place a priori pour les représentants d'une science naturelle émergente : la géologie. Le raisonnement évoqué ci-dessus tenu par Du Souich ne s'appuie sur aucune théorie ; il est pragmatique. En revanche, Du Souich en tire l'intuition d'une organisation interne du bassin houiller que rappellera Gosselet (1888).

f) Les apports de Jules Gosselet

Vers 1880, l'aura scientifique de Gosselet était telle que beaucoup lui attribuaient à tort les découvertes géologiques attachées au développement du gisement houiller. De telle sorte qu'il s'est senti obligé de corriger (Gosselet, 1881). De ce texte ressortaient les trois faits géologiques dont il se reconnaissait la paternité, et auxquels il faut en ajouter un quatrième, postérieur à cet écrit :

Le bassin houiller du Boulonnais : les quelques couches de Terrain Houiller observables et exploitées semblaient intercalées dans le Calcaire Carbonifère. S'appuyant sur une analyse biostratigraphique, Gosselet (1860) démontra d'abord que le Houiller du Boulonnais est contemporain du Houiller belge. Il démontra aussi que ces couches houillères « *reposent en stratification normale sur le calcaire carbonifère qui est au nord et qu'elles sont séparées du calcaire carbonifère du sud par une faille* », sans qu'il voulut prendre le risque de se prononcer sur le pendage de cette faille afin d'éviter une erreur de stratégie industrielle (Gosselet, 1881).

La limite méridionale du bassin minier : dans la région de Liège, Gosselet rappelait que dès 1832 Dumont avait démontré qu'une faille limitait au sud l'extension des couches de houille mais la présupposait locale et l'avait dénommée *Faille Eifélienne*. Plus tard, Briart & Cornet (1863) ont décrit le contact anormal du Calcaire Carbonifère sur le Houiller à Binche, proposant de désigner sous le nom de *Faille du Midi* ce contact qui limitait l'extension du Houiller belge au sud. Mais depuis qu'il avait identifié une disposition comparable dans le Boulonnais (voir ci-dessus), Gosselet avait accumulé d'autres observations allant dans le même sens (Gosselet, 1874-1875). Si bien que, brochant avec vigueur un tableau synthétique du bassin houiller entre Liège et le Boulonnais devant une assemblée d'exploitants (Gosselet, 1874), il proposa de généraliser sous le nom de *Grande Faille*, l'idée de limite tectonique méridionale du bassin minier : un contact faiblement incliné vers le sud sous lequel les forages pouvaient atteindre le charbon. Mais il avouait ne pas savoir préciser où, vers le sud, devaient se terminer les couches houillères (Gosselet, 1881).

La présence du Terrain Houiller au sud de Valenciennes : la bifurcation structurale observée très tôt dans les couches houillères au sud de Mons avait posé problème. Elles se suivaient bien vers le nord-ouest (Condé/l'Escaut), et semblaient ne pas atteindre la frontière vers le sud-ouest. Gosselet rapporta qu'une pénurie de charbon, éprouvée en 1874 (Lapparent, 1890), avait suscité la création de nouvelles sociétés et la reprise de recherches du côté de Crespin et Quiévrechain. Les résultats,

positifs, confirmaient la présence du Houiller productif dans le flanc inverse d'un synclinal déversé vers le nord, pouvant être atteint sous les morts-terrains (Gosselet, 1874, 1881).

La notion de tectonique polyphasée avec les failles de l'Artois : Gosselet (1908) reprit les travaux d'un prédécesseur, Soubeiran, qui avait mis en évidence, au prix d'un travail topographique soigné, le rejeu de certaines failles hercyniennes (on dirait *varisques* aujourd'hui), postérieurement au dépôt de la craie. Ce travail sera complété par Bouroz (1956) et Mansy (2003).

Ces résultats furent obtenus sous la conduite de Gosselet, certes, mais avec le concours d'élèves ayant eux-mêmes démontré leurs talents. Succédant à Gosselet en 1902 comme titulaire de la chaire de géologie, Barrois délaissa quelque peu ses travaux cartographiques en Bretagne pour se mettre au service des industriels de la région, notamment les compagnies minières (Pruvost, 1945). Cela fut d'autant plus aisé qu'il était familialement attaché à certaines compagnies (Matrion, 2014). Parmi les initiatives prises par Barrois autant comme universitaire que membre de la SGN, il faut évoquer la création d'un outil de travail constitué par la mise à disposition de collections de référence ouvertes à tous les chercheurs et industriels du charbon : le Musée Houiller fut inauguré le 5 mai 1907. Aujourd'hui intégré au Musée d'Histoire Naturelle de la Ville de Lille, ce musée est consulté comme tel par les scientifiques du monde entier (Oudoire *et al.*, 2008). Enfin, concrétisant bien la coopération entre les compagnies minières et les chercheurs universitaires au sein de la SGN, il faut rappeler qu'à l'initiative de la compagnie des Mines de Lens, un modèle tridimensionnel du bassin houiller, peint sur des plaques de verre régulièrement espacées, a été exposé à Arras (1904), puis à la foire internationale de Liège de 1905 (Küss, 1905), et enfin déposé au Musée Houiller de Lille (1907). Ce modèle est aujourd'hui en voie de numérisation afin de progresser vers un modèle numérique tridimensionnel (Graveleau *et al.*, 2017).

g) La géologie contraint les techniques d'exploitation

La géologie du bassin houiller a donc été connue avec beaucoup d'essais/erreurs. Les diverses compagnies n'y mettaient pas toutes les mêmes moyens, n'utilisaient pas les mêmes méthodes. Certaines étaient opulentes alors que d'autres peinaient à exister. Les unes disposaient d'une concession vaste et riche en ressources alors que d'autres devaient se contenter de travaux peu rentables à la périphérie du bassin. En effet, on découvrait seulement que toutes les veines de charbon ne sont pas identiques en composition, puissance, extension. Le paléoenvironnement de la formation du charbon n'était pas encore suffisamment compris pour alimenter un modèle susceptible de guider les exploitants. Résultat des progrès dans d'autres domaines scientifiques, l'usage de l'électricité s'est répandu : la Cie des Mines de Marles a présenté à l'Exposition universelle de 1900 les locomotives électriques qu'elle utilisait dans ses galeries tandis que celle de Béthune assurait au moins une partie de l'exhaure grâce à des pompes électriques. Le poids de l'investissement expliquait pour une part la lenteur des progrès réalisés au début du XXe siècle. On n'avait pas encore compris que les mines de Westphalie (bassin de la Ruhr), pionnières du développement technologique, le doivent à leur conformation géologique : leurs veines sont épaisses et relativement peu déformées, comme celles du Limbourg et du nord de l'Angleterre, par opposition à celles du sillon de Sambre-et-Meuse, du Nord – Pas-de-Calais, du Kent et du sud du Pays-de-Galles. La Première Guerre mondiale a été pour le bassin minier un cataclysme épouvantable mais aussi l'occasion d'écrire l'Après-Guerre sur une page quasi blanche. Les choix

techniques retenus pour la reconstruction (Cuvelette, 1922) ont été mieux partagés par les compagnies, l'uniformisation n'intervenant qu'avec la nationalisation de 1946 (cf. § 4).

2) De 1914 à 1945 : développement de la production et de la compréhension

a) Une épreuve à l'origine d'un renouveau scientifique

Même à un mois du déclenchement des hostilités militaires, en juillet 1914, les *Annales de la SGN* ne rendent compte d'aucune inquiétude particulière (Barrois, 1914). Mais à la reprise des réunions régulières de la société, Barrois (1919) fait état d'un lourd bilan. Une analyse de ce bilan est à paraître (Meilliez & Dumont, en cours). Résumons ici les faits ayant un impact scientifique. La perte humaine est lourde. Parmi les morts, Gosselet figure en victime collatérale : il décéda le 25 mars 1916 d'une pneumonie contractée en essayant de reconstituer les collections des musées de l'Institut de Géologie, à la suite de l'explosion d'un dépôt de munitions à Lille, le 10 janvier 1916. Toutefois aucun pillage par l'occupant n'a été à déplorer dans les documents géologiques de ces musées ; il n'en sera pas même à l'issue de la Seconde Guerre mondiale. Le front militaire s'est stabilisé durant quatre ans en travers du bassin houiller (Fig. 3B), le différenciant en trois zones :

Au centre, des concessions ravagées plus ou moins complètement en surface (Meurchin, Grenay, Lens, Liévin), les travaux du fond enoyés par dynamitage des cuvelages de puits. Aucune activité d'extraction n'y a été possible.

À l'est, des concessions occupées, dans lesquelles l'extraction avait repris, en partie au bénéfice de l'occupant. Les destructions de surface, systématiques, et l'ennoyage de quelques puits ne sont intervenus que lors de la retraite allemande (printemps – automne 1918) avec l'intention d'affaiblir l'industrie française.

À l'ouest, des concessions pouvant être sous le feu des canons pour certaines, mais dans lesquelles la production a été intensifiée. Financièrement, les compagnies concernées ont

réalisé leurs meilleures productions durant cette période.

La principale conséquence scientifique de cette situation est qu'à l'issue de la tourmente, il était établi que le gisement houiller se fermait à l'ouest, dans le secteur de Ligny-les-Aire, sans jonction identifiable avec le gisement du Boulonnais. Aucune nouvelle concession ne fut sollicitée par la suite.

b) La reconstruction, occasion de modernisation

Tant qu'à faire de reconstruire, autant prendre des options que l'on pense porteuses d'avenir. La diversité d'aspect et d'équipement des fosses y perdra, mais l'efficacité de la production pour chaque compagnie comme pour l'ensemble du gisement y a gagné. Ernest Cuvelette (1869-1936) fut l'ingénieur coordonnant les diverses actions de déblaiement, réparations et reconstruction (Cuvelette, 1922 ; Samuel-Lajeunesse, 1948). Ingénieur des mines, employé par la Cie des Mines de Lens en août 1914, il était militaire, affecté au Ministère de l'Armement (1916-1918) lorsqu'il prit l'initiative, dès 1917, de fonder une *commission technique du groupement des Houillères victimes de l'invasion* pour échafauder un plan de modernisation et reconstruction. Il élaborait les procédures nécessaires au dénoyage des travaux souterrains, mit en place les infrastructures pour fournir de l'électricité, notamment à partir de centrales thermiques à charbon, stimula la construction d'un réseau de voies ferrées homogène complétant les voies d'eau dont l'utilisation avait commencé juste avant guerre. Dans le développement des équipements nécessaires à l'exploration, il mit autant d'énergie et de moyens que pour remettre en marche les fosses. Ses compétences et sa méthode l'ont fait appeler pour rendre les mêmes services en Belgique et en Allemagne.

c) Une compréhension géologique qui s'organise

Les nouveautés technologiques (électricité, mécanisation) favorisent l'augmentation de la production, rapide dès 1918 (Fig. 1), ce qui entraîne l'acquisition de nouvelles connaissances : le nombre de fronts de taille et de sondages à étudier augmentant, leur exécution devenant plus rapide, le nombre d'ingénieurs des

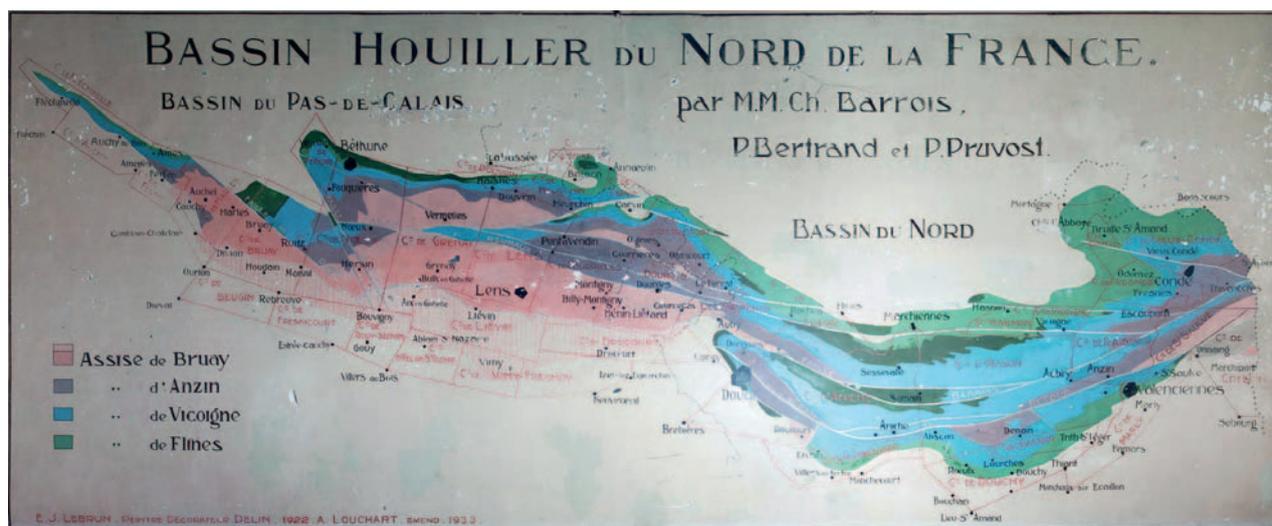


Fig. 4. — Carte de répartition des fossiles végétaux : les hiatus sont interprétés comme révélant des failles (Barrois *et al.*, 1924). Cette carte est exposée dans l'ancien Institut de Géologie de Lille (Meilliez *et al.*, 2014).

Fig. 4. — *Geological map of the coal basin from palaeobotanic approach : misfits were interpreted as faults (Barrois et al., 1924). This map is painted onto a wall of the ancient Geological Institute of Lille (Meilliez et al., 2014).*

mines convaincus de l'intérêt d'un suivi géologique augmentant aussi, les données disponibles deviennent suffisamment abondantes pour envisager synthèses et modèles afin de chercher à comprendre les déterminants de la composition et de la structuration du gisement. Les résultats sont importants en stratigraphie et, par voie de conséquence, en tectonique.

Stimulés par Barrois, qui a succédé à Gosselet, les principaux développements de la connaissance sont stratigraphiques. Les études paléontologiques avaient d'abord porté sur la faune marine, puis se sont étendues à tous les végétaux et plus tard aux pollens. Antérieurement, Gosselet (1888, p. 695-697) avait rappelé la proposition de Grand'Eury d'une zonation basée sur la composition chimique des charbons, essentiellement selon teneur en gaz (Fig. 2), en postulant une corrélation directe avec l'âge des terrains, à savoir de bas en haut : charbons maigres de la zone de Vicoigne, demi-gras de la zone d'Anzin, gras de la zone de Denain, charbons à gaz de la zone de Bully-Grenay. Il avait rappelé aussi la carte de répartition des flores identifiées dans le charbon, élaborée par l'Abbé Boulay (*in* Gosselet, 1888, fig. 171, p. 696). C'était la première figuration du gisement houiller en quatre bandes allongées d'est en ouest. Mais ce travail avait révélé aussi qu'un même assemblage de plantes peut se trouver dans des zones différentes, c'est-à-dire que la teneur en gaz n'est pas liée à l'âge des terrains. Les mineurs manquaient donc d'un outil d'identification fiable pour diriger leurs recherches de veines à exploiter. Les travaux donnant lieu à une étroite coopération entre les compagnies minières et les membres de la Société Géologique du Nord (Matrion, 2014), l'échelle biostratigraphique végétale se construisit peu à peu. Jusqu'à ce qu'une nouvelle carte fut proposée (Fig. 4) : d'abord peinte sur un mur de la cage d'escalier de l'Institut de Géologie en 1922 (Meilliez *et al.*, 2014), elle a été publiée peu après (Barrois *et al.*, 1924). La nouveauté de cette carte était de figurer le tracé de failles qui découpent le gisement minier en domaines structuraux distincts par leur succession stratigraphique. Mais comme ce document était un outil de travail biostratigraphique, il n'était accompagné d'aucune analyse tectonique susceptible de donner du sens aux tracés obtenus à l'échelle du bassin. La carte n'est d'ailleurs pas localisée sur l'échelle des profondeurs. Et pourtant c'est ce document qui a servi de guide à tous les travaux ultérieurs, et que Bouroz (1950) fixera à la cote -300 sans discuter davantage la signification des traits assimilés à des failles continues, séparant des domaines biostratigraphiquement homogènes. Dans la grande synthèse régionale pour tenter de cartographier la surface des terrains paléozoïques sous les morts-terrains, les compagnies pétrolières reprendront la même carte, en l'état du moment, sans plus la discuter (C.F.P.M. *et al.*, 1965).

En 1888, Gosselet a terminé son chapitre sur le terrain houiller en faisant état des discussions sur l'origine des charbons. Certains prétendaient que les végétaux observés dans le charbon avaient été fossilisés sur leur lieu de croissance ; d'autres défendaient l'idée d'une allochtonie possible, disant que les végétaux, plus ou moins dilacérés, avaient été transportés par un réseau hydrographique dont la présence n'avait pas encore été caractérisée dans les sédiments. Les conditions d'observation, en souterrain, étaient évidemment responsables d'une apparente carence d'analyse : l'observation tridimensionnelle des corps sédimentaires était impossible. Mais une analyse approfondie de la succession lithologique sur une coupe locale était possible et a focalisé l'attention des mineurs comme des géologues. Durant l'entre-deux guerres, l'environnement fluvio-deltaïque ou limnique a été identifié et la composition lithologique des charbons s'est aussi améliorée avec l'examen microscopique de surfaces polies (Duparque, 1933). Mais il manquait encore une explication pour rendre compte de l'accumulation sédimentaire, dont tous avaient observé la cyclicité. C'est Pruvost (1930) qui

apporta une réponse dans un article dont la clarté justifie une diffusion universelle dans la communauté géologique. L'un des exemples développés est la rythmicité des dépôts houillers, observée à l'échelle métrique (Fig. 5) : le détritique fin (argile ou

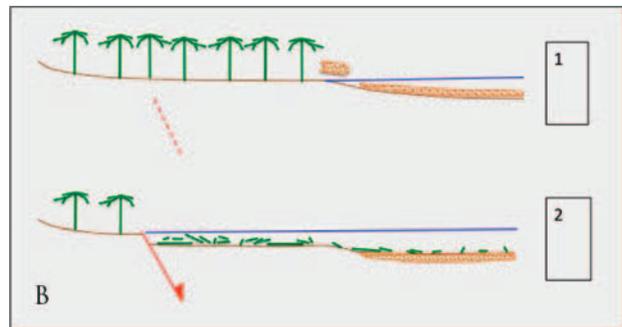
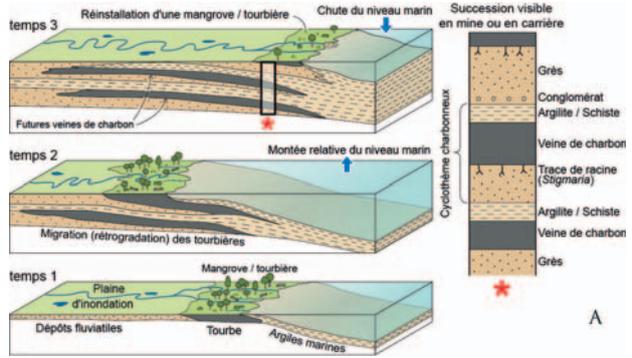


Fig. 5. — Modèle sédimentologique de dépôt des sédiments houillers.

A – La cyclicité verticale des dépôts peut être expliquée par les variations du niveau marin global (De Wever & Baudin, 2015) © De Wever ; **B** – Mais la tectonique y contribue aussi par le fonctionnement saccadé et répétitif de failles normales (penser aux images du tsunami du 24/12/2004 à Sumatra) ; **C** – Les deux processus (contrôle astronomique de la sédimentation et impulsions tectoniques) se conjuguent dans un paysage de plaine littorale frangeant une chaîne de montagnes en construction, au Westphalien C (Corsin & Corsin, 1970).

Fig. 5. — Sedimentological model for coal-bearing deposits. A – Cyclic deposits might be explained by eustatic sea level variations (De Wever & Baudin, 2015) © De Wever ; B - However tectonics might explain sudden subsidence in addition (remember the Sumatra seism on 2004/12/24th) ; C – Landscape model for paralic sedimentation during Westphalian C period where astronomic regulation and tectonic pulses add their effects (Corsin & Corsin, 1970).

sable) qui précède ou suit directement l'accumulation végétale formant le charbon est ubiquiste. Toutefois, les marques qu'il fossilise permettent de différencier le *mur* (sous la veine) du *toit* (sur la veine). Le mur contient des traces de racines et radicelles, signifiant par là que l'espace sédimentaire pour recevoir un dépôt devait être quasi nul puisque la forêt houillère s'y est installée. Le toit contient des éléments remaniés (gravier, galets, fossiles), des organismes franchement marins, signifiant par là qu'une nappe d'eau, marine ou douce, a ennoyé la forêt de façon plutôt soudaine. Argumentant sur la répétitivité observée de ces séquences, en dépit de leur variabilité latérale, Pruvost donne à la subsidence un rôle majeur dans le fonctionnement des bassins sédimentaires, par la répétition d'évènements discontinus, brusques mais de faible amplitude. Cette interprétation est universellement acceptée depuis cette publication. Toutefois il bute sur la cause de ce mécanisme.

La formation des chaînes de montagne faisait alors l'objet de spéculations dans laquelle les mouvements horizontaux de la croûte terrestre n'étaient pas soupçonnés. Or les failles inverses, comme celles observées en plusieurs points de la bordure sud du bassin houiller (cf. § 1f) impliquent de concevoir une part de raccourcissement horizontal. D'où l'importance de la notion de *Grande Faille* qu'avait apportée Gosselet, démontrée par des sondages ayant atteint le terrain houiller sous le calcaire carbonifère (§ 1f). Marcel Bertrand reconnaissait volontiers que cette notion l'avait inspiré pour concevoir les grands chevauchements alpins (*in* Barrois, 1919). A la suite de quoi, la tectonique tangentielle a imprégné toutes les études régionales, le bassin houiller (Bertrand, 1894) comme l'Ardenne (Kaisin, 1936).

d) Une seconde guerre dévastatrice

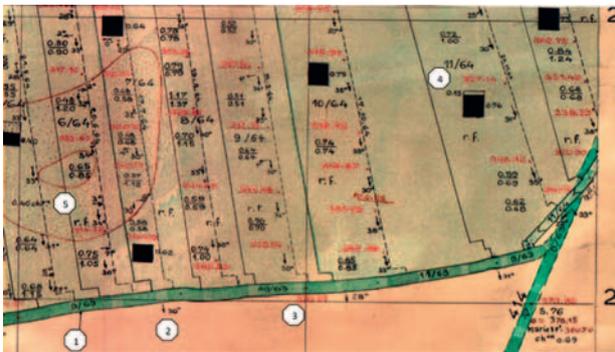


Fig. 6. — Plan minier normalisé à 1:10 000 : 1 - Les galeries sont marquées d'une double ligne colorée (vert), portant la date à laquelle le tronçon a été creusé (septembre 1963). 2 - Direction et intensité du pendage (30°). 3 - Points de nivellement (rouge ; profondeur 370,21 m). 4 - Un chantier d'abattage (fond vert clair) délimité par des traits continus indique la production en un mois (novembre 1964) ; cette veine contient 0,76 m de charbon pour une ouverture de 0,91 m (dessin) ou 0,59 m de charbon pour une ouverture de 0,69 m (fraction) ; le chantier a été foudroyé après abattage (r.f.). 5 - Un corps sédimentaire gréseux vient *serrer* la veine.

Fig. 6. — Normed mining plane on 1/10 000 scale. 1 - Galleries are coloured (green), with the date of caving (september 1963). 2 - Dip of the coal seam (30°). 3 - Levelling point (red ; depth in meters). 4 - In pale green is the monthly (November 1964) worked area (pale green) bracketted by continuous lines ; aperture of this vein is 0.91 m (small column) with 0.76 m of coal, another contains 0.59 m of coal for an aperture of 0.69 m (fraction) ; this work was stroken down after coal pulling out (r.f.). 5 - A sandstone body makes the seam to narrow.

La production de charbon s'est effondrée dans le Nord et le Pas-de-Calais à compter de 1932, soit bien avant la déclaration de guerre, mais clairement après le krach boursier de 1929 (Fig. 1). La dernière séance d'avant-guerre de la SGN s'était tenue le 10 avril 1940 : la reprise s'est faite le 20 juin 1945, toutes deux sous la présidence de R. Dion. Ouvrant la séance, le président donna la parole à Pierre Pruvost qui s'exprima très durement à propos de de l'occupation allemande dans les musées (Musée Gosselet et Musée Houiller). Nous ne retiendrons qu'une phrase parmi d'autres : « *Alors que les Kriegsgeologen [sic] de 1914 avaient respecté l'Institut Géologique de Lille, leurs successeurs de 1940, les Wehrsgeologen [sic], pénétrés de la doctrine de la race élue, s'y sont installés comme en pays conquis, oubliant, tout universitaires qu'ils fussent, que le patrimoine scientifique commun à l'humanité avait droit à certains égards.* » (Pruvost, 1945). S'ensuit un inventaire sommaire des collections emmenées vers Berlin. Une information personnelle (2014) de P. Taquet à A. Blicek nous fait espérer retrouver une partie de ces collections aux USA (P. Auguste, comm. pers.).

Dès la séance du 19 décembre 1945, une publication sur la tectonique dans le bassin houiller a été présentée (Chalard, 1945). Elle marque à la fois la continuité d'un patient travail d'observation mené par tous les chercheurs et mineurs sous la coordination de Barrois, comme l'a souligné Pruvost (1940), mais aussi une évolution dans le développement de la connaissance sur le gisement houiller. Dès lors l'analyse sera à la fois stratigraphique et structurale pour rendre compte des effets de la tectonique.

3) Une consolidation de la connaissance, inachevée (1946-1999)

a) Une profonde réorganisation et un objectif clair : rationaliser l'exploitation

La période qui s'ouvrait alors est marquée de changements majeurs dans les conditions de développement stratégique de l'exploitation houillère. Par ordonnance du 13 décembre 1944, le général de Gaulle créa la société des houillères nationales du Nord - Pas-de-Calais (la nationalisation fut votée le 5 mai 1946). Dès le 1er janvier 1945 la nouvelle société réorganisa l'exploitation : les fosses des 32 concessions, exploitées par 18 compagnies ont été redistribuées en 6 groupes territoriaux (Deberles, 1992). Le premier objectif était de rationaliser l'exploitation. Ce qui signifie que les *stots* (massifs non exploités isolant les concessions les uns des autres et/ou protégeant les puits de fosse) devront par la suite être progressivement abattus, sauf autour des fosses actives. Pour la connaissance géologique c'est une démarche prometteuse : on va enfin pouvoir contrôler la continuité des veines, des faisceaux de veines et des structures tectoniques (plis et failles) entre concessions. D'où un important et patient travail analytique ; un service géologique des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais (HBNPC) a été créé, coordonnant les travaux réalisés dans chaque groupe autour d'un ingénieur dont la mission est d'aboutir à une description géologique précise de son territoire. Ce service a complété un corps de géomètres déjà rompu à travailler avec une précision centimétrique pour enregistrer toutes les informations concernant chaque puits, chaque voie, chaque taille, chaque chantier d'abattage (Fig. 6). Toutes les actions à mettre en œuvre ont été normées de façon à construire une image homogène sur l'ensemble du gisement. La moindre information était consignée, jour après jour. Par exemple, l'emploi du marteau-piqueur provoquait un dégagement de poussier, entre autres effets, responsable de la silicose des mineurs. Pour tenter de l'atténuer, une méthode consistait à injecter de l'eau sous pression par des

cannes forées dans la veine de charbon avant abattage. L'eau était prélevée dans l'aquifère crayeux des morts-terrains situés au-dessus des chantiers d'abattage. Mais une fois injectée, l'eau s'accumulait dans les chantiers ; il fallait donc l'exhauser pour ne pas noyer les mineurs. Tous les volumes d'eau injectée, d'eau exhaussée, fosse par fosse, jour par jour, sont notés. On verra plus loin (§ 4b) en quoi cela a été précieux par la suite.

b) Une exploitation géologiquement condamnée à l'arrêt

La bataille du charbon était destinée à rendre la France autonome dans la reconstruction de son industrie et la fourniture en énergie domestique. Mais les dirigeants avaient déjà conscience, dès cette époque, que la conformation géologique du gisement houiller du Nord – Pas-de-Calais ne lui permettrait pas de faire face à la concurrence économique, même à l'intérieur de l'Europe. Les géologues savaient que le potentiel exploitable s'accroissait très nettement d'ouest en est et donc que, tôt ou tard, le bassin du Nord – Pas-de-Calais ne pourrait concurrencer ceux du Limbourg et de la Ruhr (Pruvost, 1930). Les ingénieurs savaient que les veines régionales ne se prêtaient pas à une mécanisation rentable suffisante. Lorsque les grandes mines à ciel ouvert ont commencé à produire sur d'autres continents, le coût de la tonne de charbon ne soutenait plus l'exploitabilité des mines souterraines européennes. Les veines les plus minces ne pouvaient être mécanisées de façon rentable et les fosses qui les exploitaient ont fermé, une à une, en progressant d'ouest en est, et la production a diminué irrémédiablement (Fig. 1). Pour la même raison, durant les décennies suivantes, les bassins du Borinage, du Limbourg, de la Ruhr et des divers bassins anglais ont fermé. La décision française irréversible fut prise en 1961, dans un contexte politique de choix de grands investissements. Elle fut vécue de façon très difficile (Deberles, 1992). La rationalisation devait se poursuivre mais dans une dynamique de repli progressif aboutissant à la fermeture définitive. Toutefois aucun ingénieur en activité alors ne pensait être encore en activité lors de cette fermeture (J. Faille, comm. pers., 1995). C'est de cette époque que datent deux documents majeurs dont la parution, vue d'aujourd'hui, apparaît comme la réalisation d'un bilan de la connaissance géologique : une publication (Bouroz *et al.*, 1961) et la carte à la cote -300 (H.B.N.P.C., 1963). L'ultime publication (Becq-Giraudon, 1983) n'y a apporté qu'un modeste apport scientifique supplémentaire.

c) Diverses échelles stratigraphiques pour un référentiel universel

L'abattage des stots (cf. § 3a), le développement rationnel de nouveaux chantiers, une technologie augmentant la productivité, devaient apporter une moisson de données nouvelles, utiles à la connaissance stratigraphique. Mineurs et géologues travaillaient au quotidien avec des veines, regroupées en faisceaux, eux-mêmes séparés par des séries stériles. Dans l'ensemble, tous les gisements européens, de l'Angleterre à la Pologne étaient de même âge, mais se différenciaient par les épaisseurs accumulées, des veines comme des faisceaux. Seule la paléontologie pouvait étayer des corrélations car les lithologies, monotones, étaient ubiquistes : charbon, grès, pélites schistosées. L'échelle internationale de référence est calée sur des marqueurs communs et complétée localement par d'autres espèces, plus endémiques, permettant de définir des sous-étages locaux (Fig. 7), très utiles pour l'exploitation (Barrois, 1914). Chaque gisement avait ainsi élaboré sa propre échelle synthétique, sur la base de critères multiples : fossiles marins, abondants à la base de la série et se raréfiant vers le haut ; fossiles continentaux végétaux très abondants dans toutes les veines de charbon ; spores et pollens qui, se répandant largement,

deviennent très précieux pour corrélérer les divers gisements (Laveine & Candilier, 1987) ; cendres volcaniques d'appareils distants mais dont les nuages, largement répandus, ont fourni d'excellents repères temporels appelés *tonsteins* (Chalard, 1951 ; Bouroz *et al.*, 1983). En dépit de leur argilisation au cours de la diagenèse, les moyens technologiques d'aujourd'hui autorisent toujours des analyses raffinées de ces *tonsteins* grâce aux témoins laissés en collections au Musée, mais il n'y a pas réellement de spécialiste lillois sur la minéralogie des *tonsteins*. En revanche, les paléobotanistes lillois ont longtemps constitué une équipe de référence internationale, et sont encore consultés soit pour des synthèses mondiales (Laveine *et al.*, 2003), soit pour les collections soigneusement entretenues, également au Musée d'Histoire Naturelle de Lille (Oudoire *et al.*, 2008).

d) Un rendez-vous manqué avec le développement de la connaissance en tectonique

L'analyse de la succession des faciès avait stimulé les imaginations pour restaurer les anciens paysages (Fig. 5C) : une plaine littorale, de plus en plus à l'étroit entre un espace marin qui se comble et un relief vigoureux en érosion permanente au front d'une chaîne montagneuse, d'où descendent des cours d'eau de plus en plus torrentiels avec le temps, pour rendre compte d'une granularité moyenne de plus en plus grossière de bas en haut de la série. La tectonique des plaques a donné un cadre dynamique à ce schéma : les bassins houillers y représentent le comblement d'un bassin d'avant-pays en cours d'occlusion tectonique, et donc de structuration continue, l'érosion sans cesse avivée alimentant la sédimentation dans un processus qualifié d'autophagique.

Indispensable à l'étude tectonique régionale, le pouvoir de résolution de la stratigraphie restait cependant insuffisant à une étude structurale détaillée des zones très déformées. Dans les Appalaches, *a contrario*, les géologues se sont très tôt intéressés à l'analyse géométrique des zones déformées (Willis, 1891-1892), aidés par un contexte paysager directement lisible (relief dit appalachien : Foucault *et al.*, 2014, p. 314). Pour répondre au besoin des ingénieurs, le service des HBNPC a commencé

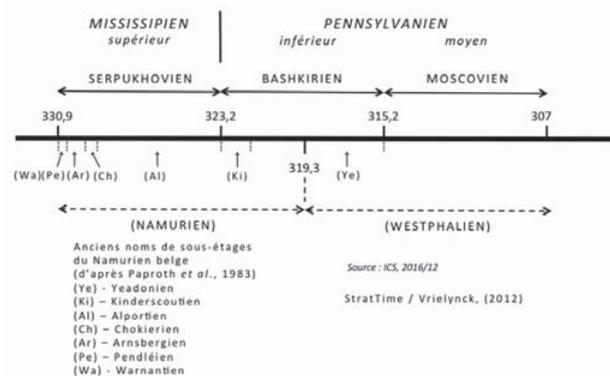


Fig. 7. — Cadre stratigraphique du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais : Diagramme construit à partir de l'échelle stratigraphique internationale (I.C.S, 2016/12) et permettant de recaler les anciens noms d'étages et sous-étages (Vrielynck, 2012). Les sous-étages du Namurien belge (Paproth *et al.*, 1983) sont reportés sur cette échelle.

Fig. 7. — Stratigraphical framework of the Nord – Pas-de-Calais coal basin : Ancient and local sub-stages might be reported on the international frame (source : I.C.S, 2016/12), according to an application (Vrielynck, 2012). Sub-stages were defined within Namurian of Belgium (Paproth *et al.*, 1983) and are reported on this frame.

à étudier les structures tectoniques pour elles-mêmes afin de comprendre la logique géométrique qui les liait. Le coordonnateur de ces recherches a développé une nomenclature spécifique (Bouroz, 1950). Les données structurales acquises à l'époque ont été reportées sur la carte à la cote -300 pour la compléter. C'est certainement la perspective de la fermeture annoncée qui justifie le fait que ce louable effort n'ait pas été suivi d'une analyse structurale approfondie de cet avant-pays écaillé. Quelques années plus tard, c'est dans un contexte pétrolier dont l'avenir était moins menacé, à partir de l'environnement géologique des Rocheuses Canadiennes, dont la partie frontale est comparable aux bassins houillers européens, qu'une théorisation majeure a été réalisée (Dahlström, 1970).

4) Une nouvelle phase d'apprentissage (1995 à XXIVe siècle, au moins)

La loi de 1810 avait octroyé les concessions à perpétuité (cf. § 1b). Mais à l'époque, personne n'imaginait la fin de la période d'exploitation, même si certains avaient conscience de l'épuisement à venir du gisement (Lapparent, 1890). Les conséquences physiques de l'extraction (affaissement, perturbations hydrauliques) ne pouvaient être anticipées faute de connaissance dans ce domaine. De plus l'implantation concentrée d'industries transformant le charbon, et/ou consommatrices de produits dérivés, ainsi que le développement de l'urbanisation nécessaire au fonctionnement de toutes ces activités, ne pouvaient être imaginés vers 1890. Les pollutions induites par toutes ces activités et leurs conséquences sur la qualité de l'air (à court terme), des sols et de l'eau (à long terme) n'étaient pas non plus imaginables. Une réflexion aurait pu être conduite au moment de la nationalisation (1946), mais l'urgence était plutôt à la nécessité d'un redémarrage d'activité. En 1990, la loi n'avait toujours pas été modifiée et l'Etat, au travers de HBNPC (puis de Charbonnages de France = CDF) se trouvait propriétaire de l'ensemble des biens fonciers, mobiliers et immobiliers progressivement installés sur, et autour des sites miniers. En droit français, la police minière prévalant sur la police du maire, aucun maire n'était habilité à prendre la moindre décision quant au traitement des sites abandonnés et à leur réaffectation. Il fallait donc changer le Code Minier ; ce qui fut fait en 1994, en 1999, puis tout récemment (mars 2017). Le nouveau Code Minier, s'ajustant avec la législation environnementale, a arrêté la procédure à suivre pour *sortir de concession*, démarche dont l'achèvement est marqué d'un arrêté ministériel pour chacune des concessions. A la suite de quoi le maire retrouve son pouvoir de police sur le territoire de sa commune et peut donc agir pour le bien public. Expliquer le déroulement de la phase de négociation, complexe pour un tel dossier, serait hors de propos dans cet article. A l'issue de cette phase, chaque commune a reçu directement une copie complète des documents concernant l'ensemble de la (ou des) concession (s) la concernant.

Les circonstances m'ont amené à participer, en tant qu'expert scientifique missionné par le conseil régional Nord – Pas-de-Calais, aux négociations de sortie de concessions, et en particulier à une étude préalable sur l'ensemble du système hydraulique du territoire affecté (CDF, 1999 : Etude 3H). Les lignes qui suivent résument la problématique scientifique induite par l'extraction d'une ressource naturelle souterraine ; les réponses apportées pour l'instant sont exposées dans un autre article (Lemal & Meilliez, 2017). Le travail a été mené conjointement avec les services de CDF et les entreprises missionnées sur des tâches fixées ensemble, sous le contrôle des services de l'Etat. Vues par un géologue, les conséquences de cette extraction peuvent être examinées sous trois aspects : les cavités souterraines et affaissements de sol induits, l'hydraulique

superficielle et souterraine, la pollution. Le bassin houiller du Nord – Pas-de-Calais est le premier de cette dimension à être fermé à l'exploitation pour les raisons géologiques rappelées plus haut. Plus d'un million d'habitants développent leurs activités au-dessus des anciens travaux. Il y a donc nécessité à surveiller les ajustements souterrains incessants et leurs effets différés en surface. C'est une nouvelle activité qui demande une approche scientifique rigoureuse, adossée à un suivi opérationnel sérieux. Il y a donc, pour les acteurs régionaux, une opportunité à acquérir un savoir faire et développer une connaissance scientifique dans un champ nouveau. D'autant que des outils nouveaux facilitant la représentation de l'hétérogénéité du sous-sol sont maintenant disponibles (Graveleau *et al.*, 2017). Ici seront simplement exposés les principes généraux des aléas et enjeux associés.

a) Les cavités souterraines et les affaissements miniers

On ne fait pas des trous en sous-sol impunément (Meilliez, 2003). Si la technologie (dimensions, vitesse d'avancement, eau, ...) utilisée conditionne les impacts, la géologie (composition, structure) contraint le choix de la méthode d'exploitation. Les morts-terrains de la région sont constitués de bancs minces, très fracturés qui ne peuvent en aucun cas assurer la stabilité du toit d'une veine de charbon en exploitation, à la différence de la Lorraine ou de la Provence. La relative forte tectonisation des terrains houillers et de leur encaissant est aussi responsable d'un état de fracturation intense qui s'exprime bien dans l'éclatement des stériles sortis de la mine. Il n'y a donc aucune stabilité naturelle à espérer ; l'étalement était indispensable pendant l'extraction et le foudroyage (retrait des étais), au moins partiel, se faisait à l'avancement. De ce fait, une veine pouvait être abattue dans toute son épaisseur (*l'ouverture des mineurs*) : c'est la méthode de l'exploitation totale qui n'abandonne aucun pilier rocheux pour assurer le soutènement. Ainsi l'adaptation du sous-sol à la cavité commence dès le foudroyage. Rapide et brutal au toit de la veine, ce mouvement descendant s'amortit peu à peu par glissements entre blocs voisins, comme le font les tuiles d'un vieux toit dont la charpente s'affaisse. Tout se passe comme si le vide créé se fragmentait en vides de plus en plus petits, diffusant progressivement dans les terrains vers le haut. La durée nécessaire pour que ces mouvements atteignent la surface augmente avec la profondeur. Une exploitation située à plus de 100 m de profondeur commençait à déprimer le sol en surface après plusieurs semaines tant que l'extraction se faisait au pic, après quelques jours lorsque la mécanisation de l'abattage devint plus performante. Le gros avantage de cette méthode est qu'aujourd'hui, l'essentiel des affaissements est réalisé. Mais le problème est plus complexe qu'il n'y paraît (Lemal & Meilliez, 2017).

b) Eaux superficielles et eaux souterraines

Dès lors que des cavités souterraines et des dépressions superficielles se différencient, les eaux de ruissellement et d'infiltration modifient leurs trajectoires. En surface, les dépressions affectent les ruissellements sur les sols mais aussi tous les réseaux artificiels (canaux, adductions d'eau, assainissement) et naturels (cours d'eau). Les conséquences sont spectaculaires et l'eau superficielle est le meilleur révélateur de ces mouvements de sol, même infimes et/ou très lents. En de nombreux sites de ce territoire, la nappe phréatique (la plus superficielle, quel que soit le niveau stratigraphique de l'aquifère) peut se trouver émergente si la dépression amène le sol *sous* la surface d'équilibre piézométrique de cette nappe. En profondeur, la migration des vides modifie de façon sensible les propriétés hydrauliques et donc géotechniques des massifs rocheux traversés. Certaines zones qui n'étaient pas aquifères

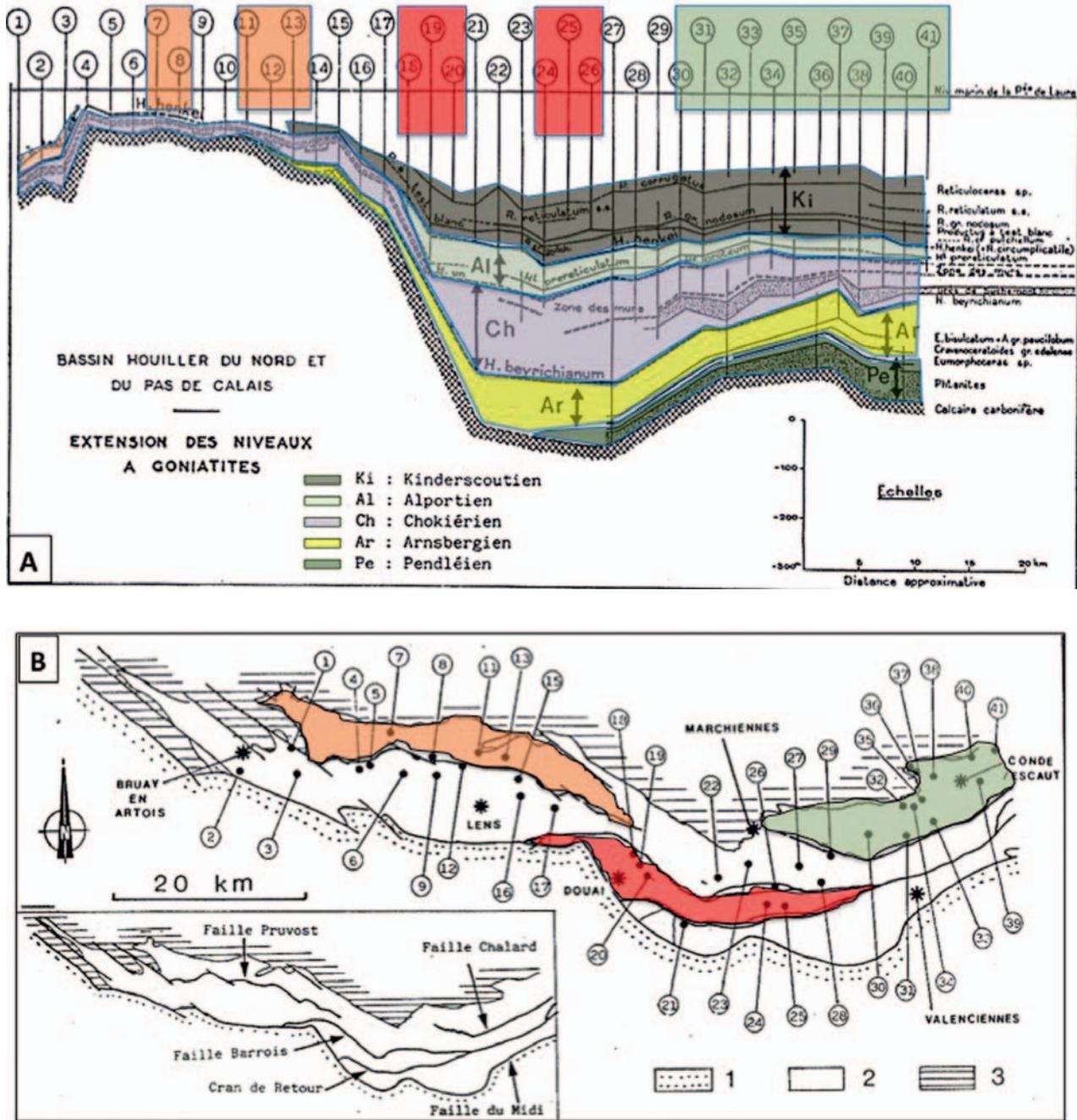


Fig. 8. — Carte et coupe ouest-est du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais au Namurien. **A** — La coupe a été dessinée par Chalard (1960) en y reportant ses repères bio- et lithostratigraphiques identifiés en sondages. Meilliez (1989) a reporté (couleurs) les limites des sous-étages du Namurien (Paproth *et al.*, 1983). Les rectangles colorés regroupent des sondages qui participent à une même unité structurale. **B** — La carte localise tous les sondages analysés par Chalard (1960). Au moins trois unités structurales se distinguent par leur composition stratigraphique au Namurien.

Fig. 8. — Map and west-east cross-section through the Nord – Pas-de-Calais coal basin during Namurian time. **A** — Chalard (1960) drew a cross-section from bio- and lithostratigraphical analysis of boreholes. Meilliez (1989) reported the boundaries of namurian sub-stages (coloured) as defined by Paproth *et al.* (1983). Coloured rectangles gather structural units with homogeneous sedimentary record; **B** — Chalard (1960) located all the boreholes on a map; at least three structural units might be distinguished during Namurian time.

le deviennent ; les nappes les plus superficielles ont pu être au moins localement vidées autour des puits, surtout les plus anciens, faute de technologies appropriées pour étanchéifier au fonçage (Dollé, 1985). Les troupes allemandes qui ont ennoyé les puits durant la Première Guerre mondiale ont dynamité les

cuvrages au niveau des aquifères peu profonds (Meilliez & Dumont, en cours). Aujourd'hui, les vides résiduels s'ennoient lentement mais inéluctablement, sous surveillance (Lemal & Meilliez, 2017). L'étude 3H (CDF, 1999) a estimé que le niveau d'équilibre ultime devrait être atteint au début du XXIV^e siècle,

dans les conditions actuelles d'alimentation et de prélèvement. Il y a donc tout un champ d'étude pour suivre cette évolution et les phénomènes d'interaction avec les autres éléments du sous-sol (comportement géotechnique des massifs rocheux, gaz de mine). Cela nécessiterait un programme de travail pour les chercheurs et d'information destinée aux collectivités territoriales et aux citoyens.

c) La pollution

Les matériaux rocheux extraits du sous-sol sont en eux-mêmes peu polluants. Hormis l'oxydation de la pyrite qui engendre localement une acidification des eaux de lessivage à la périphérie des accumulations de matériaux issus des terrils (Denimal *et al.*, 2001). Mais les processus impliqués dans l'utilisation et les traitements du charbon et produits dérivés ont attiré nombre d'industries (chimiques, sidérurgiques et métallurgiques, manufactures diverses), elles-mêmes sources de pollutions. A quoi il faut ajouter les pollutions d'origine domestique engendrées par une population devenue dense sur ce territoire. Le traitement des friches industrielles, dont les minières, a fait l'objet d'opérations spécifiques nombreuses, portées en région par l'Etablissement Public Foncier à partir de 1995. Personne, à la fin du XIXe siècle, n'aurait pu imaginer l'ampleur que prendrait cette question. Les sols, les eaux, sont durablement contaminés sans que l'on puisse différencier, à l'échelle des bassins versants, les poids respectifs de l'industrie, de l'agriculture, des transports et des usages domestiques. De nombreuses actions sont engagées, localement et à l'international (RESCUE, 2005) mais il faudra du temps et de la volonté pour revenir à un « bon état » des cours d'eau et de la ressource en eau, selon la volonté commune européenne (Meilliez *et al.*, 2015).

III. — CONCLUSION : UN CHAMP D'ETUDES RENOUEVÉ

La découverte progressive du gisement houiller du Nord et du Pas-de-Calais a répondu à une demande de ressource énergétique destinée d'abord au développement industriel. Les progrès de la chimie, de la physique, de la technologie ont révélé d'autres propriétés de la ressource, ce qui a suscité, par voie de conséquence, un développement industriel puis urbain inattendu et donc non maîtrisé. Les deux conflits mondiaux ont fait de ce gisement un enjeu de puissance et ont été, de fait, deux occasions de changement drastique de la stratégie de développement : le premier en favorisant une modernisation à peu près équitable pour chacune des compagnies exploitantes, le second en entraînant la nationalisation de l'industrie extractive, notamment pour rationaliser l'exploitation. La géologie (composition, structure) du gisement a fortement contraint les scénarios de développement puis de repli de l'activité

industrielle et induit une différenciation territoriale que les aménagements réalisés par l'homme ne pouvaient pas toujours compenser. Après que la décision de fermeture fut prise, peu de travaux géologiques furent engagés. Une fois le dernier géologue retraité (Jacques Chalard ; Laveine & Cuvelier, 2011), il n'a pas été remplacé. Son travail a été poursuivi dans le cadre d'une prestation du BRGM auprès de CDF. Toutefois la fin de l'extraction n'élimine pas les questions géologiques encore

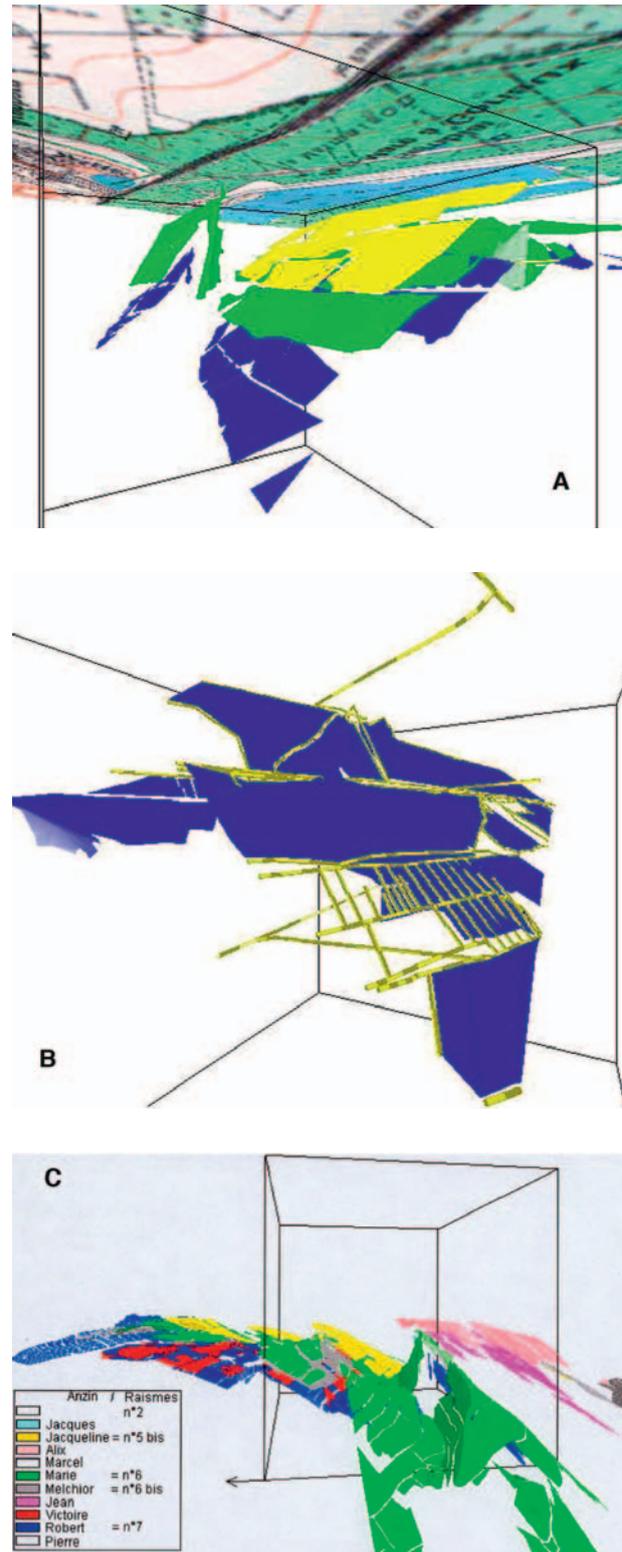


Fig. 9. — Modélisation 3D en réalité virtuelle d'un petit volume du bassin houiller sous la Mare à Goriaux, entre Valenciennes et St-Amand-les-Eaux : **A** – Modèle 3D (en regardant vers l'ouest) de chantiers exploités dans trois veines, sous la mare (les arêtes du cube de référence sont longues de 1 km) ; **B** – Représentation des chantiers exploités pour la veine Robert et des galeries les desservant ; **C** – Modèle de chantiers seuls, exploités dans 9 veines plissées et faillées.

Fig. 9. — Virtual reality 3D model of a small volume of the coal basin under the Mare à Goriaux area, between Valenciennes and St-Amand-les-Eaux : **A** - 3D model (westwards view) of works within three coal seams, below the pond (the cube reference is 1 km in length) ; **B** - The only Robert coal seam with service galleries ; **C** - Nine worked coal seams that are folded and faulted.

en suspens. Restent aujourd'hui deux champs d'études sur ce gisement pour les géologues : en géologie appliquée sur le suivi et l'analyse des évolutions du sous-sol jusqu'à stabilisation, en géologie structurale pour progresser dans la construction d'un modèle 3D de la géologie actuelle du gisement, et donc d'une approche de la paléogéographie régionale au cours de la période namuro-westphalienne.

Un premier exemple est donné par la thèse de Chalard (1960). Ce dernier a mené une analyse très rigoureuse des sondages, coupes de *bowettes* et autres chantiers (Fig. 8A). Outre la découverte d'un premier *tonstein* (Chalard, 1951), il a recalé toutes ces coupes sur les marqueurs biostratigraphiques connus alors. Mais il n'en a tiré aucune conséquence structurale, parce que « *ce n'était pas dans l'air du temps* » m'a-t-il répondu lorsque je m'en étonnais (J. Chalard, comm. pers., 1997). Dans ma propre thèse (Meilliez, 1989), j'ai donc ajouté au schéma sur lequel il avait positionné ses marqueurs les noms des étages et sous-étages définis dans le Namurien de Belgique (Paproth *et al.*, 1989). Le résultat suggère d'aller plus loin (Fig. 8B) car il met en évidence que les unités structurales limitées par des failles majeures se distinguent par leur évolution paléoenvironnementale propre durant le Namurien. Ce résultat, banal en géologie en terrain découvert, n'était pas immédiat à affirmer en contexte souterrain il y a une cinquantaine d'années. Il est encore possible et nécessaire de travailler cette question.

Le second exemple se situe à une échelle locale, kilométrique. Les documents d'archives houillères sont très riches, même si tout n'a pu être préservé des conflits et accidents divers. Entre autres, les géomètres ont levé des plans d'une précision qui permet, aujourd'hui, de reconstituer en 3D des modèles à l'échelle

kilométrique (Fig. 10). Certains de ces plans sont accessibles au Centre Historique Minier de Lewarde (Malolepszy, 2017) ; la plus grande partie est gérée par le Département Prévention Sécurité Minière (DPSM) du BRGM, à Billy-Montigny (Lemal & Meilliez, 2017). A l'occasion d'une thèse soutenue par le conseil régional Nord – Pas-de-Calais, D. Lamand avait élaboré un moteur de réalité virtuelle qui a été testé sur les plans miniers à 1/10 000 du secteur de la Mare à Goriaux, près de Raismes (Meilliez *et al.*, 1997). La qualité des plans miniers est telle qu'une méthode de triangulation conduite à partir des points cotés sur les plans permettait de générer les surfaces de veines de charbon dans un volume de l'ordre de 4 km³. La panoplie d'outils associée à la réalité virtuelle, complétée par l'intégration d'un canevas stéréographique, permettait alors de restituer les structures géologiques excavées (Fig. 9). Cette démarche qui ouvrait sur une exploitation géologique plus avancée des données, a été interrompue par la suppression du soutien financier pour des raisons non géologiques. Aujourd'hui, ce type d'outil a beaucoup progressé ; la méthode devrait être reprise car les plans miniers sont toujours accessibles et exploitables.

Remerciements. — Cette publication a beaucoup bénéficié des relectures de Bernard Maitte, François Thiébault et Alain Blicck. Des informations inédites ont été fournies par Jean-Pierre Hénichart. Des données et éléments d'illustrations ont été mis à disposition par Sandrine Lemal (UTAM-Nord / BRGM) et Patrick De Wever. Avec quelques années de recul, cet article a aussi beaucoup bénéficié des discussions approfondies avec les représentants de Charbonnages de France, de la DRIRE (aujourd'hui intégrée dans la DREAL), de BURGEAP, d'ACOM-France et du Conseil Régional Nord – Pas-de-Calais.

BIBLIOGRAPHIE

- BARROIS C. (1914). – Exposé des recherches poursuivies dans le Bassin du Nord par les conservateurs du Musée Houiller de Lille. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **XLIII** : 323-340.
- BARROIS C. (1919). – La Société Géologique du Nord pendant la guerre. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **XLIV** : xi-xvi.
- BARROIS C., BERTRAND P. & PRUVOST P. (1924). – Nouvelle carte paléontologique du bassin du Nord. *Revue de l'Industrie Minière*, **86** (1ère partie, Mémoires) : 353-361.
- BECQ-GIRAUDON J.-F. (1983). – Synthèse structurale et paléogéographique du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais. *Mém. B. R. G. M.* (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), **123** : 71 p.
- BERTRAND M. (1894). – Etudes sur le bassin houiller du Nord et sur le Boulonnais. *Ann. Mines*, 9e série, **V** : 569-635.
- BOUROZ A. (1950). – Sur quelques aspects du mécanisme de la déformation tectonique dans le bassin houiller du Nord de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXX** : 2-55.
- BOUROZ A. (1956). – Contribution à l'étude des Failles épicrotécées de l'Artois. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXXVI** : 51-62.
- BOUROZ A., CHALARD J., DALINVAL A. & STIEVENARD M. (1961). – La structure du bassin houiller du Nord de la région de Douai à la frontière belge. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXXXI** : 173-220.
- BOUROZ A., SPEARS D.A. & ARBEY F. (1983). – Essai de synthèse des données acquises sur la genèse et l'évolution des marqueurs pétrographiques dans les bassins houillers. *Mém. Soc. Géol. Nord*, **XVI** : 74 p.
- BRIART A. & CORNET J. (1863). – Communication relative à la Grande Faille qui limite au sud le bassin houiller belge. *Pub. Soc. Anciens Elèves Ec. Mines Hainaut*, **11**, rééd. par CORNET J. (1898), in *Bull. Soc. Belge Géol.*, **12** : 268-299.
- CASTEL E. (1891). – Notice nécrologique sur M. DU SOUICH, inspecteur général des Mines. *Annales des Mines*, 8e série, **XIX** : 215-252.
- CDF (Charbonnages de France) (1999). – *Etude hydraulique, hydrogéologique et hydrochimique du bassin minier charbonnier du Nord – Pas-de-Calais*. Document de synthèse : 57 p. et 15 annexes ; document complet : 138 p. et 16 annexes.
- CDF (Charbonnages de France) (2000). – *Concession de Dourges*. Dossier de déclaration d'arrêt des travaux, t. **1** : 168 p.
- CDF (Charbonnages de France) (2003). – *Concession d'Anzin*. Dossier de déclaration d'arrêt des travaux, t. **1** : 188 p.
- CDF (Charbonnages de France) (2004). – *Concession de Vieux-Condé*. Dossier de déclaration d'arrêt des travaux, t. **1** : 174 p.

- C.F.P.(M.), COPESEP, R.A.A.P. & S.N.P.A. (1965). — Contribution à la connaissance des bassins paléozoïques du Nord de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXXXV** : 273-281.
- CHALARD J. (1945). — La faille de Vicoigne du terrain houiller du nord de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXV** : 177-196.
- CHALARD J. (1951). — Tonstein du Bassin Houiller du Nord de la France. In : 3ème Congr. Strat. Géol. Carbonifère (Heerlen) : 73-77.
- CHALARD J. (1960). — Contribution à l'étude du Namurien du Bassin Houiller du Nord de la France. Imp. Hollande, Valenciennes : 2 vol., 300 p. [Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Lille, 1958].
- CORSIN P.M. & CORSIN P. (1970). — Paysages du Nord de la France au cours des temps géologiques. *Soc. Géol. Nord* édit. Document 1 : 6 diapositives + texte.
- CUVELETTE E. (1922). — La destruction et la reconstitution des Mines de Lens. Conférence donnée au CNAM (Lille) ; Imp. L. Danel, Lille : 92 p., 46 planches hors-texte. Consulté sur <http://iris.univ-lille1.fr/handle/1908/3638>
- DAHLSTRÖM C.D.A. (1970). — Structural geology in the eastern margin of the Canadian Rocky Mountains. *Bull. Can. Petrol. Geol.*, **18** : 332-406.
- DAUZAT A., DUBOIS J. & MITTERAND H. (1971). — Nouveau dictionnaire étymologique. France Loisirs, Paris, 4e édition : 806 p.
- DEBERLES K. (1992). — La grande épopée des mineurs. La Voix du Nord édit., Lille : 238 p.
- DENIMAL S., BARBECOT F., DEVER L., TRIBOVILLARD N. & MEILLIEZ F. (2001). — Traçage chimique et isotopique des eaux souterraines en relation avec les eaux de lixiviation de terrils, bassin minier du Nord – Pas-de-Calais. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **172** : 111-120.
- DE WEVER P. & BAUDIN F. (2015). — Du vert au noir : le charbon. EDP sciences, Paris : 80 p.
- DOLLÉ P. (1985). — L'histoire de la géologie et de son évolution dans le Bassin Houiller du Nord – Pas-de-Calais, de son origine à 1960. *Travaux du COFRHIGEO*, 2e série, **3** : consulté sur <http://Annales.org/archives/cofrhigeo/houiller.html>
- DUBAR C., GAYOT G. & HEDOUX J. (1982). — Sociabilité minière et changement social à Sallaumines et à Noyelles-sous-Lens (1900 – 1980). *Revue du Nord*, **LXIV** : 364-463.
- DUMONT G. (1999). — Sur les pas d'Antoine Delfosse, mineur de 1768 à 1823. Edition du Centre Historique Minier du Nord – Pas-de-Calais, Coll. Mémoires de Gaillette, Lewarde : 166 p.
- DUMONT G. (2013). — La fosse Mathilde à Denain, un laboratoire de l'innovation au milieu du XIXe siècle. In : Des machines et des Hommes (Actes du colloque des 19 et 20 novembre 2012). Edition du Centre Historique Minier du Nord – Pas-de-Calais, Lewarde : 24-31.
- DUPARQUE A. (1933). — Structure microscopique des charbons du Bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais. *Mém. Soc. Géol. Nord*, **XI** (1 - 2) : 547 + 209 p.
- FOUCAULT A., RAOULT J-F, CECCA F. & PLATEVOET B. (2014). — *Dictionnaire de Géologie*. 8e édition, Dunod, Paris : 396 p.
- GIRARD d'ALBISSIN N. (1970). — *Genèse de la frontière franco-belge*. Bibliothèque de la Société d'Histoire du Droit des Pays flamands, picards et wallons, Paris, A. & J. Picard édit., **XXVI** : 434 p.
- GOSSELET J. (1860). — *Mémoire sur les Terrains Primaires de la Belgique, des environs d'Avesnes et du Boulonnais*. Imp. Martinet, Paris : 164 p.
- GOSSELET J. (1874). — Etudes sur le gisement de la houille dans le nord de la France. *Bull. Soc. Industr. Nord France*, **6** : 102-124.
- GOSSELET J. (1874-1875). — Documents nouveaux sur l'allure du terrain houiller au sud du bassin de Valenciennes. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **II** : 112-120.
- GOSSELET J. (1881). — *Exposé de mes études sur le Terrain Houiller*. Imp. Six-Horemans, Lille : 6 p.
- GOSSELET J. (1888). — L'Ardenne. *Mém. Serv. Carte géol. France*, Paris : 881 p.
- GOSSELET J. (1908). — Note sur quelques failles communes aux terrains crétacique et houiller de l'Artois. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **XXXVII** : 80-109.
- GRAVELEAU F., AVERBUCH O., CREPIN B. & OUDOIRE T. (2017). — Projet de modélisation en 4-D du Bassin houiller du Nord – Pas-de-Calais : des tables de verre du Musée de Lille à une modélisation géométrique et tectonique par ordinateur. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 2e série, **24** : 33-41
- H. B. N. P. C. (Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais) (1963). — *Carte des zones stratigraphiques à la cote -300 du Bassin Houiller du Nord – Pas-de-Calais*. Dressée sous la direction d'A. BOUROZ par le Service de Ressources et Etudes géologiques des HBNPC, Imprimée par l'Institut Géographique National, Paris.
- KAISIN F. (1936). — Le Problème Tectonique de l'Ardenne. *Mém. Inst. Géol. Louvain*, **XI** : 368 p.
- KÜSS M. (1905). — Les coupes des bassins du Nord et du Pas-de-Calais offertes au Musée de Lille par la Chambre des Houillères. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **XXXIV** : 398-407.
- LAPPARENT (de) A. (1890). — *La question du charbon de terre*. F. Savy, Paris : 120 p.
- LAVEINE J-P. & CANDILIER A-M. (1987). — La flore du bassin houiller du Nord de la France, biostratigraphie et méthodologie. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **CVI** : 87-93.
- LAVEINE J.-P. & CUVELIER J. (2011). — Jacques Chalard (1921-2010). *Ann. Soc. Géol. Nord*, 2e série, **18** : 3-9.
- LAVEINE J.-P., ZHANG S. & LEMOIGNE Y. (2003). — Apport des études paléobotaniques dans le Nord – Pas-de-Calais aux reconstitutions paléogéographiques du Carbonifère. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 2e série, **10** : 111-134.
- LEMAL S. & MEILLIEZ F. (2017). — L'après-mine, un nouveau chapitre scientifique du bassin houiller du nord – pas-de-calais *Ann. Soc. Géol. Nord*, 2e série, **24** : 59-67.

- MANSY J-L. – La réactivation du socle paléozoïque au nord-ouest de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 2e série, **10** : 135-146.
- MATRION A. (2014). – Les financements de la Faculté des Sciences de Lille par les compagnies minières : un simple échange de bons procédés ? *Mém. Soc. Géol. Nord*, **XVII** : 49-58.
- MEILLIEZ F. (1989). – *Importance de l'événement calédonien dans l'Allochtonne Ardennais ; essai sur une cinématique paléozoïque de l'Ardenne dans la Chaîne varisque*. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences, Université du Maine, Le Mans : 518 p. [inédit].
- MEILLIEZ F. (2003). – L'ingénierie écologique au regard de l'expérience de l'exploitation des bassins charbonniers d'Europe. In : LÉVÊQUE C. & VAN der LEEUW S. eds, *Quelles natures voulons-nous ?* Elsevier, Amsterdam : 236-245.
- MEILLIEZ F., AMEDRO F. & OUDOIRE T. (2014). – Les peintures murales de l'Institut des Sciences naturelles de Lille : un patrimoine à préserver. *Mém. Soc. Géol. Nord*, **XVII** : 139-150.
- MEILLIEZ F., LAMAND D. & CHAUDY C. (1997). – Procédure de restitution 3D en réalité virtuelle de structures géologiques excavées. *Documents du BRGM*, **274** : 49-52.
- MEILLIEZ F., PRYGIEL J. & COULON H. (2015). – Etat des eaux et protection de la ressource dans le bassin Artois-Picardie. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 2e série, **22** : 11-14.
- OUDOIRE T., DELBECQUE S. & DEMARQUE D. (2008). – Les collections du Musée d'Histoire Naturelle de Lille : V. – La collection de paléobotanique du Carbonifère. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 2e série, **15** : 39-45.
- PAPROTH E., DUSAR M., BLESS M.J.M., BOUCKAERT J., DELMER A., FAIRON-DEMARET M., HOULLEBERGS E., LALOUX M., PIERARD P., SOMERS Y., STREEL M., THOREZ J. & TRICOT J. (1983). – Bio-and lithostratigraphic subdivisions of the Silesian in Belgium : a review. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, **106** : 241-283.
- PRUVOST P. (1930). – Sédimentation et subsidence. In : Centenaire de la Société Géologique de France. Livre jubilaire (1830-1930) : 545-564.
- PRUVOST P. (1940). – Charles BARROIS (1851-1939) : notice nécrologique. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXV** : 29-57.
- PRUVOST P. (1945). – Séance du 20 juin 1945. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXV** : 23-25.
- RADAU R. (1876). – La production houillère en Angleterre et en France. *La Revue des Deux Mondes*, **17** : 53 p. ; World Wide Web address : <http://fr.wikisource.org> (consulté le 12/12/2016).
- RESCUE (2005). – *Best practice guidance for sustainable brownfield regeneration*. EDWARDS D., PAHLEN G., BERTRAM C. & NATHANAIL C.P. eds, Land Quality Press on behalf of the RESCUE consortium, Nottingham : 144 p.
- SAMUEL-LAJEUNESSE E. (1948). – Ernest Cuvelette et la reconstruction des houillères sinistrées (1869-1936). World Wide Web address : <http://www.annales.org/archives/x/cuvelette.html> (consulté le 12/05/2017).
- WISEUX A. (1991). – *Mineur de fond*. Plon édit., Paris : 602 p.
- VRIELYNCK B. (2012) – StratTime: an intelligent stratigraphic converter – CCGM (Comité de la Carte Géologique du Monde). World Wide Web address : <https://ccgm.org/fr/27-charte-chronostratigraphique> (consulté le 10/05/2017).
- WILLIS B. (1891-1892). – The mechanics of Appalachian structure. *U. S. 13th Ann. Rept.*, Washington : 217-281, 96 pl. h-t.

WEBOGRAPHIE

Annales des Mines : <http://annales.org/archives/cofrhigeo/houiller.html>

Comité de la Carte Géologique du Monde : <https://ccgm.org/fr/27-charte-chronostratigraphique>

International Commission of Stratigraphy : <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale>.

Légifrance : <https://www.legifrance.gouv.fr/> : code minier nouveau : mars 2017.

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 (paru en décembre 2014) retrace 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 de Lille – Sciences et technologies, bâtiment SN5 (Sciences de la Terre)
F-59655 Villeneuve d'Ascq cedex (France)
E-mail : sgn-edition@univ-lille1.fr
Tél. : 03 20 43 41 40 / +33 (0)3 20 43 41 40
Prix / Price : 40 € TTC + 4 € de frais de port et emballage si le volume n'est pas pris au dépôt

PROJET DE MODELISATION EN 4-D DU BASSIN HOULLER DU NORD – PAS-DE-CALAIS : DES TABLES DE VERRE DU MUSEE DE LILLE A UNE MODELISATION GEOMETRIQUE ET TECTONIQUE PAR ORDINATEUR

Project of 4-D modelling of the Nord – Pas-de-Calais coal basin: from the glass-tables of the Lille museum to a computer-based geometrical and tectonic modelling

par Fabien GRAVELEAU(*), Olivier AVERBUCH(*), Benoît CREPIN(*) & Thierry OUDOIRE(**)

Résumé. – La dynamique d'un front de chaîne de montagnes résulte d'interactions entre les processus de déformation (la tectonique) qui initient les reliefs et les processus de surface (l'érosion, la sédimentation, le climat) qui les détruisent. Souvent étudiée à partir d'exemples naturels récents, cette thématique est peu abordée sur des chaînes de montagnes anciennes. Dans le cadre de cet article, nous nous intéressons au Bassin Houiller du Nord-Pas-de-Calais, bassin d'avant-chaîne localisé au front Nord de la grande chaîne varisque, développée il y a environ 300 Ma. Il s'agit d'un objet géologique dont l'exploitation du charbon en a fait un objet industriel et sociétal singulier qui a façonné l'histoire régionale. Aujourd'hui, il s'agit d'un territoire en reconversion dont le développement s'inscrit dans la durabilité tant industrielle, économique, qu'écologique. Pour soutenir cette démarche, il est nécessaire d'améliorer les connaissances scientifiques et notre compréhension du sous-sol, notamment la géométrie des différents ensembles sédimentaires et des discontinuités qui les affectent. Dans cet article, nous exposons les premières étapes d'un projet plus vaste visant à reprendre les nombreuses données géologiques disponibles sur le bassin (forages, levés de galerie, imagerie géophysique) et d'en proposer une interprétation géologique intégrée dans un environnement en trois dimensions. La quatrième dimension (le temps) sera abordée par la restauration de coupes géologiques et la construction de modèles expérimentaux. L'enjeu est important car ce nouveau modèle du sous-sol pourra servir de support scientifique de base aux problématiques environnementales et énergétiques discutées en région (risques géologiques et environnementaux « après-mine », potentiel géothermique). Il fournira également un outil pédagogique précieux et inédit aux acteurs du développement régional et aux enseignants, leur permettant de mieux faire connaître ce bassin sur lequel vivent aujourd'hui 1,2 million d'habitants.

Abstract. – *The dynamics of mountain belt front results from interaction between deformation processes (tectonics) that create relief, and surface processes (erosion, sedimentation and climate) that destroy them. In the field, it has been studied on recent examples, but also on ancient ones. In this paper, we investigate the Nord-Pas de Calais coal basin, a portion of the northern foreland basin of the Palaeozoic variscan belt, which developed about 300 Myr ago. It represents a field case whose coal mining transformed it into an industrial and societal object that greatly influences the local history. Today, it is located in a reconverting territory whose development is planned for being economically, industrially and ecologically sustainable. To support this approach, it is necessary to improve the scientific knowledge and the understanding of the subsurface, in particular the geometry of the various sedimentary bodies and the faults that affect them. In this paper, we present the first steps of a larger project aimed at synthesizing the numerous geological data available on the basin (drilling, gallery surveys, geophysical imagery) and proposing a modern three-dimensional geological interpretation. The fourth dimension (time) will be implemented through geological cross-section restoration and physical modelling. The challenge is important because this new subsurface model can serve as a scientific support for environmental and energetic discussions that interest the Region (geological and environmental risks, geothermal potential). This will provide a valuable and unprecedented educational tool for regional actors and teachers, enabling them to better communicate about this area where 1.2 million people live.*

Mots-clés. – Chaîne varisque, bassin flexural, charbon, bassin minier, histoire de la géologie.
Key words. – *Variscan belt, flexural basin, coal, mining basin, history of geology.*

I. — INTRODUCTION

Un front de chaîne de montagnes correspond à la zone de transition entre les reliefs orogéniques où se développent les bassins versants et la plaine sédimentaire d'avant-pays qui

réceptionne les particules érodées et transportées par les rivières (Fig. 1). Sa dynamique est le résultat d'interactions entre les processus de déformation (tectonique) qui soulèvent les reliefs et les processus de surface (érosion, sédimentation, climat) qui les abaissent (Malavieille, 2010). Ainsi, les paysages des

* Univ. Lille, CNRS, Univ. Littoral Côte d'Opale, UMR 8187, LOG, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, F-59000 Lille, France ; Fabien.Graveleau@univ-lille1.fr ; Olivier.Averbuch@univ-lille1.fr ; benoit.crepin@me.com.

** Musée d'Histoire Naturelle de Lille, 19 rue de Bruxelles, F-59000 Lille ; toudoire@mairie-lille.fr

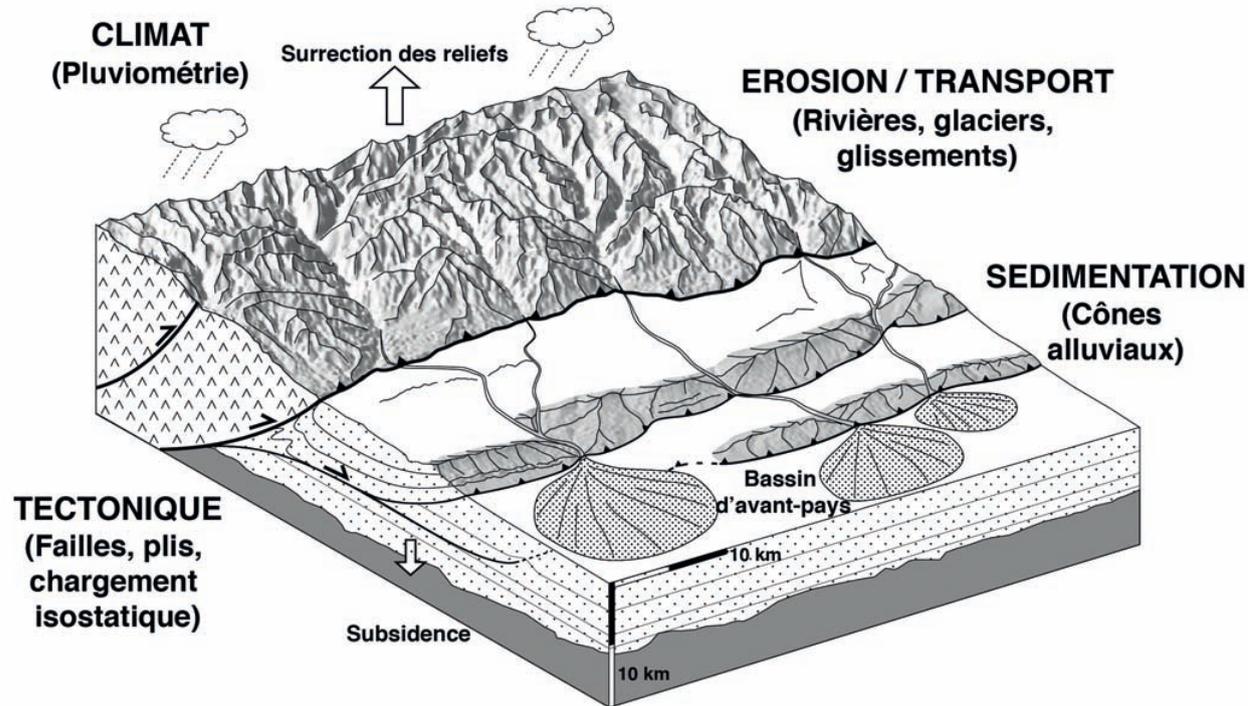


Fig. 1. — Dynamique d'un front de chaîne de montagnes (d'après Graveleau, 2008). Elle résulte d'interactions entre les processus tectoniques (failles, plis) qui déforment les roches et créent du relief et les processus de surface (climat, érosion, transport, sédimentation) qui les détruisent.

Fig. 1. — Dynamics of mountain belt front (after Graveleau, 2008). It results from interaction between tectonic processes (faulting, folding) that deform rocks and create relief and surface processes (climate, erosion, transport, sedimentation) that destroy them.

chaînes de montagnes traduisent les influences mutuelles entre ces processus (Delcaillau, 2004; Graveleau, 2008). De la même façon, le bassin sédimentaire fournit un archivage des évolutions des flux de sédiments qui ont été produits (Métivier *et al.*, 1999). Une lecture de leur âge et de leur géométrie permet souvent de renseigner la dynamique morpho-sédimentaire du bassin ainsi que les périodes d'activité des structures tectoniques qui le contrôlent.

La dynamique des reliefs orogéniques et de leurs bassins périphériques est aussi bien explorée sur des cas d'étude récents (Alpes, Pyrénées, Himalaya, Andes, Taiwan) qu'anciens (Appalaches, Montagne Noire). Pour les premiers, les exemples sont nombreux et accessibles à l'observation, ce qui permet de quantifier les processus et mécanismes orogéniques à l'œuvre. Pour les seconds, les exemples sont notablement moins courants parce que plus compliqués, parfois enfouis et moins documentés (Franke *et al.*, 2000 ; Lacquement *et al.*, 2005 ; Malavieille, 2010 ; Meilliez, 1989). Dans le nord de la France, le Bassin Houiller du Nord – Pas-de-Calais (BHNPC), enfoui sous une centaine de mètres de couverture méso-cénozoïque (Fig. 2), correspond au bassin flexural du front nord de l'ancienne grande chaîne de montagnes varisque qui structurait l'Europe à la fin du Paléozoïque (par ex. Le Gall, 1994 ; Matte, 1986). Ce bassin réceptionnait au Carbonifère les produits de l'érosion de la chaîne et a permis la préservation de strates de charbon, lesquelles témoignent du climat tropical et de la riche végétation de l'époque (par ex. Bouroz, 1969). D'orientation est-ouest, ce

bassin flexural se poursuit vers l'est en Belgique (Hainaut) et jusqu'en Allemagne (Ruhr) (par ex. Delmer, 1997 ; Drozdowski, 1993).

La compréhension de la géométrie en 3 Dimensions du BHNPC a fait l'objet d'une première synthèse lors de la construction de huit « tables de verre » destinées au Musée Houiller de Lille (Küss, 1905). Au milieu des années 1960, une nouvelle synthèse a mis à jour ce modèle en éditant une série de coupes structurales basées notamment sur les archives de forages et de relevés *in situ* (Bouroz *et al.*, 1963). Une analyse fine de ces coupes démontre leur insuffisance au regard des progrès réalisés depuis en géologie structurale, par exemple en ignorant le principe de l'équilibrage / restauration des coupes (Dahlstrom, 1969 ; Elliott, 1983) ou encore les mécanismes d'inversion tectonique (Cooper & Williams, 1989). La dernière synthèse géologique sur le BHNPC (Becq-Giraudon, 1983) n'a pas modifié ces coupes géologiques en dépit des nouvelles données acquises jusqu'à la fin de l'exploitation. Le constat est donc simple : la vision structurale que l'on a sur la géométrie du Bassin Houiller date des années 1960. Elle nécessite une révision majeure intégrant : 1) les nouvelles données géologiques acquises après 1963 ; 2) les concepts d'équilibrage et d'inversion tectonique établis dans les années 1970 et 1980.

Ce projet d'envergure, dont cet article se présente comme une pierre fondatrice, a pour objectif de comprendre comment le BHNPC a enregistré dans ses structures et son histoire sédimentaire l'évolution de la déformation au front de la chaîne

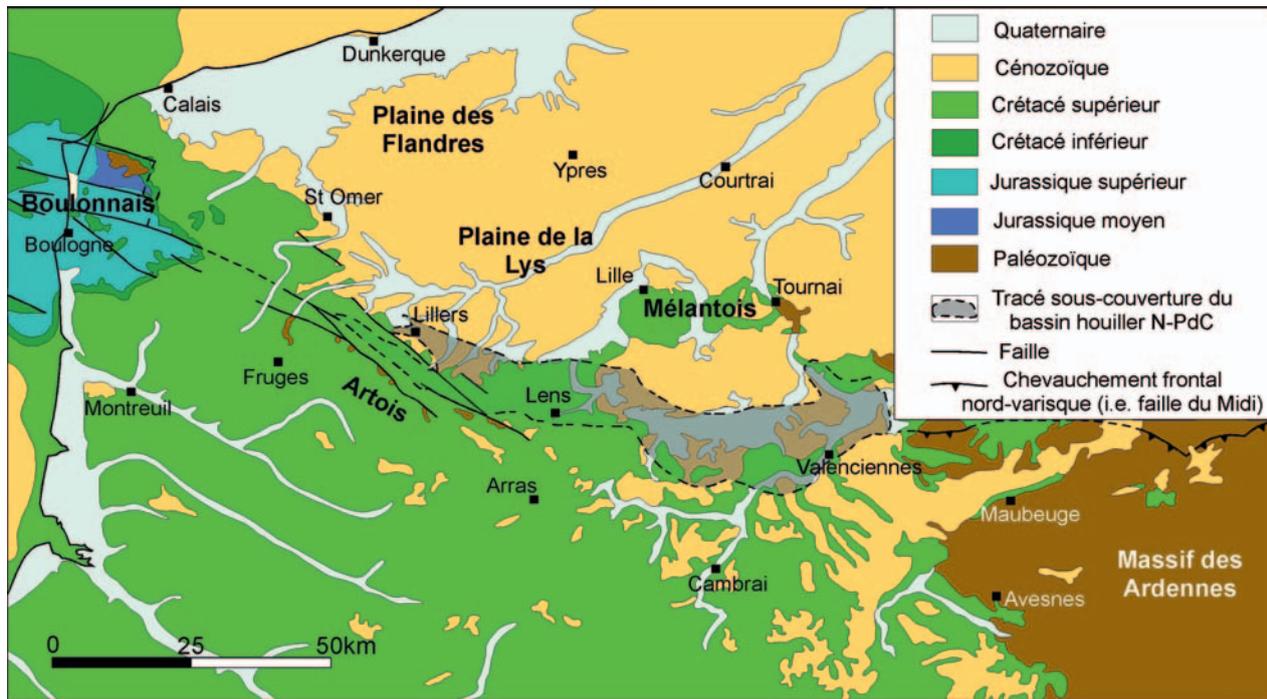


Fig. 2. — Localisation du Bassin Houiller (zone grisée) du Nord – Pas-de-Calais sur la carte géologique simplifiée du Nord de la France et de la Belgique (modifié de Lacquement *et al.*, 2004 et Minguely, 2007).

Fig. 2. — Location of the Nord – Pas-de-Calais coal basin (shaded area) on a simplified geological map of northern France and Belgium (modified after Lacquement *et al.*, 2004 and Minguely, 2007).

varisque. Pour cela, l'approche proposée repose sur trois outils : 1) la confection d'une base de données complète référençant les données géologiques existantes sur ce bassin, 2) la réalisation d'un modèle 3-D de la géométrie du bassin, et 3) la réalisation de modélisation expérimentale en laboratoire. Par cela, nous souhaitons apporter des éléments de réponse aux questions suivantes :

- 60 ans après la dernière synthèse structurale sur le BHNPC, quelle vision actuelle peut-on en proposer en intégrant la totalité des données géologiques et géophysiques disponibles et les nouveaux outils logiciels à disposition ?

- Que nous dit cette géométrie sur l'histoire géologique de la chaîne varisque et sur les mécanismes de développement de son front nord ?

L'enjeu appliqué de ce travail est d'apporter une meilleure connaissance du sous-sol du territoire des Hauts-de-France, préambule incontournable à une réflexion éclairée et durable du développement économique et écologique de la région. Dans le cadre de cet article, nous relatons les premiers résultats méthodologiques obtenus suite à la mise en place progressive d'une base de données 3-D référençant les principales données scientifiques (cartes et sondages) sur le Bassin Houiller. Cet article ne présente donc pas en soi de véritables résultats scientifiques nouveaux et ambitionne simplement de relater la démarche initiée depuis quelques années au sein du Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences de l'Université de Lille sur cet exemple géologique régional singulier. Cet article s'organise donc autour d'un bilan des avancées du projet de modélisation 3-D de la géométrie du bassin en partant des objets muséographiques les plus anciens (les « tables de verre » du Musée de Lille), leur mise

en perspective par ordinateur et en arrivant jusqu'à une ébauche d'actualisation des coupes du bassin.

II. — LES « TABLES DE VERRE » DU MUSEE HOULLIER DE L'UNIVERSITE DE LILLE

A la suite de la création de la Faculté des Sciences de Lille en 1854, celle-ci se voit dotée en 1857 d'une chaire de géologie, dont l'un des premiers titulaires est Jules Gosselet (Thiébaud, 2010). En 1902, le Musée Gosselet de Géologie et de Minéralogie est inauguré et rassemble plus de 100 000 roches, minéraux et fossiles collectés sur le terrain depuis 1865 (Cuvelier et Oudoire, 2017). En 1902, Charles Barrois succède à J. Gosselet et devient titulaire de la chaire de géologie. Avec M. Bayet, directeur de l'enseignement supérieur et représentant le ministre de l'instruction publique, il inaugure en 1907 le Musée Houiller de l'Université de Lille (Dhainaut, 2007). L'objectif de ce musée était d'aider les ingénieurs des fosses à déterminer les roches issues des sondages et à comprendre la géométrie des couches du sous-sol. Parmi les nombreux documents et outils qu'il proposait, huit « tables de verre » ornaient le hall de la salle d'exposition (Fig. 3).

Sur le modèle des expositions universelles parisiennes de 1889 et 1900, Arras organise en 1904 l'exposition régionale du Nord de la France. Afin de mettre alors en évidence les progrès réalisés par l'agriculture et les diverses industries du Nord de la France, une place importante est laissée aux compagnies houillères, alors fleuron industriel de la région. Le Service des Mines et les Compagnies des Houillères préparent alors un plan du Bassin Houiller au 1/7 500, accompagné de coupes sur verre, organisées en deux vitrines, et les présentent au pavillon des



Fig. 3. — Hall d'entrée de l'ancien Musée Houiller de l'Université de Lille. Au premier plan, les huit « tables de verre » représentent chacune les connaissances géologiques d'une portion géographique du Bassin Houiller du Nord – Pas-de-Calais (extrait de « Lille et la région du Nord en 1909 », Lille, Imprimerie Danel).

Fig. 3. — Main entrance hall of former Coal Museum of Université de Lille. In the foreground, the eight glass-tables represent the geological knowledge of a portion of the coal basin (extracted from « Lille et sa région du Nord en 1909 », Lille, Imprimerie Danel).

Mines du Pas-de-Calais (Küss, 1905). Ces coupes rencontrent un vif intérêt chez les visiteurs de l'exposition et notamment chez Charles Barrois. Celui-ci songe alors à en installer une reproduction au Musée Houiller qu'il projette de créer. Il en fait la demande à la Chambre des Houillères, par le biais d'Elie Reumaux, directeur général de la Société des Mines de Lens. La Chambre des Houillères décide de faire mieux encore en fournissant au Musée des coupes de l'intégralité du bassin minier, depuis Quiévrechain jusqu'à Ligny-les-Aire (Küss, 1905). Henri Küss, ingénieur en chef des mines de Douai

est alors nommé directeur de leur exécution et M. Cailleux, géomètre en chef de la compagnie de Lens, est chargé de diriger l'exécution matérielle des coupes (Dollé, 1985). Elles sont d'abord présentées lors de l'Exposition Universelle de Liège en 1905, puis envoyées au Musée Houiller de Lille (Fig. 3).

L'emplacement exact des coupes et des cartes horizontales sur verre est établi pour le Pas-de-Calais en s'inspirant des plans établis pour l'exposition d'Arras. En ce qui concerne le Nord, aucune étude préparatoire n'avait été effectuée et seule une carte au 1/40 000 existait. Le résultat choisi est un découpage du BHNPC en 8 zones contiguës, chacune d'une superficie voisine de 200 km² et composées de coupes espacées de 1 km (Fig. 4-5A). L'ensemble du travail a nécessité l'équivalent cumulé de 200 journées aux géomètres pour la préparation des coupes sur papier et près de 800 journées pour exécuter les plans et les coupes sur verre (Küss, 1905). Le seul coût matériel pour la fabrication des vitrines (verre, tables en chêne, armatures métalliques) s'élevait à plus de 10 000 francs de l'époque. Cela représenterait à l'heure actuelle une somme de près de 40 000 €, selon le convertisseur disponible sur le site insee.fr, et en tenant compte de l'érosion monétaire.

Après plusieurs années d'exposition au Musée Houiller, les « tables de verre » subissent plusieurs phases de dégâts puis un démantèlement progressif. Le plus important est leur destruction partielle lors de l'explosion d'un dépôt de munition lors de la Première Guerre Mondiale, en janvier 1916. Plusieurs vitrines sont fortement endommagées (Marcel, 1996). Le musée ne ré-ouvre ses portes qu'en 1925 et les tables semblent alors avoir été exposées sans dommage jusqu'à la fin des années 1970. Au cours des années 1980 à 2000, sept des huit tables sont progressivement démontées et une seule (n° 8 ; Fig. 5A) reste actuellement en exposition au Musée d'Histoire Naturelle de Lille (MHNL). Parmi les sept tables démontées, quatre sont conservées dans les réserves du MHNL (n° 1, 2, 4 et 5). Les trois vitrines restantes (n° 3, 6 et 7) sont conservées dans les réserves du Centre Historique Minier de Lewarde. Une opération de retour de ces tables vers le MHNL est en discussion.

En France, on retrouve des tables analogues pour les Mines de Blanzay à Montceau-les-Mines (table datant des années 1920), au

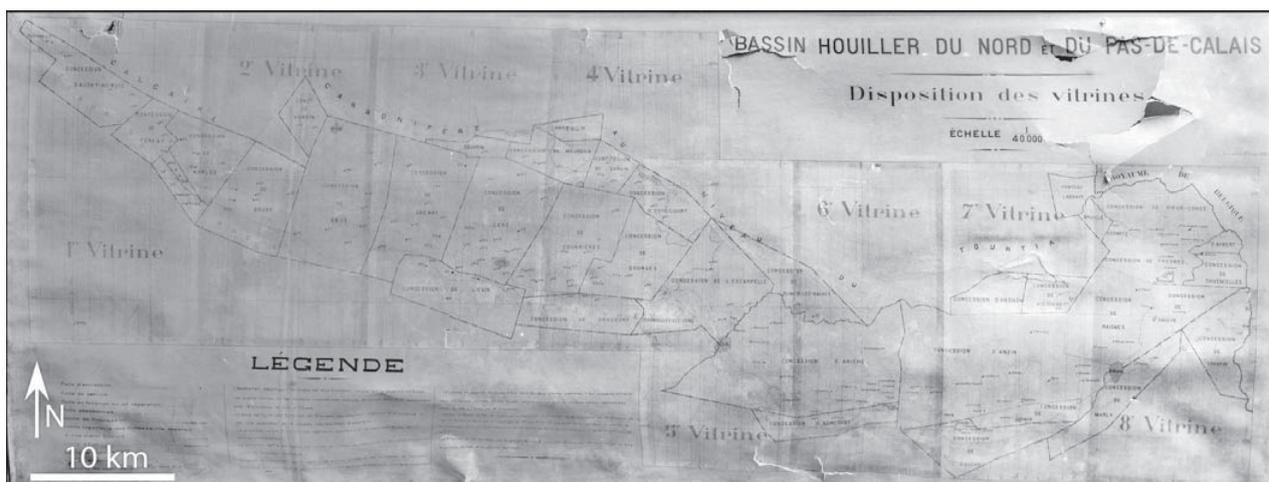


Fig. 4. — Positionnement des huit « tables de verre » (dénommées « Vitrine » sur la figure) au travers du Bassin Houiller du Nord – Pas-de-Calais. Sur chacune des vitrines, on distingue les limites des différentes concessions minières (trait épais) et la position de chacune des coupes N-S espacées de 1 km (trait fin). Le document original est consultable au Musée d'Histoire Naturelle de Lille sur demande.

Fig. 4. — Location of the eight glass-tables (named "vitrine" on the figure) across the Nord – Pas-de-Calais coal basin. On each of the tables, the limits of the mine concessions (thick line) and the location of the 1-km spaced N-S cross-sections (thin line) can be distinguished. The original document can be observed at the present Lille Museum of Natural History.

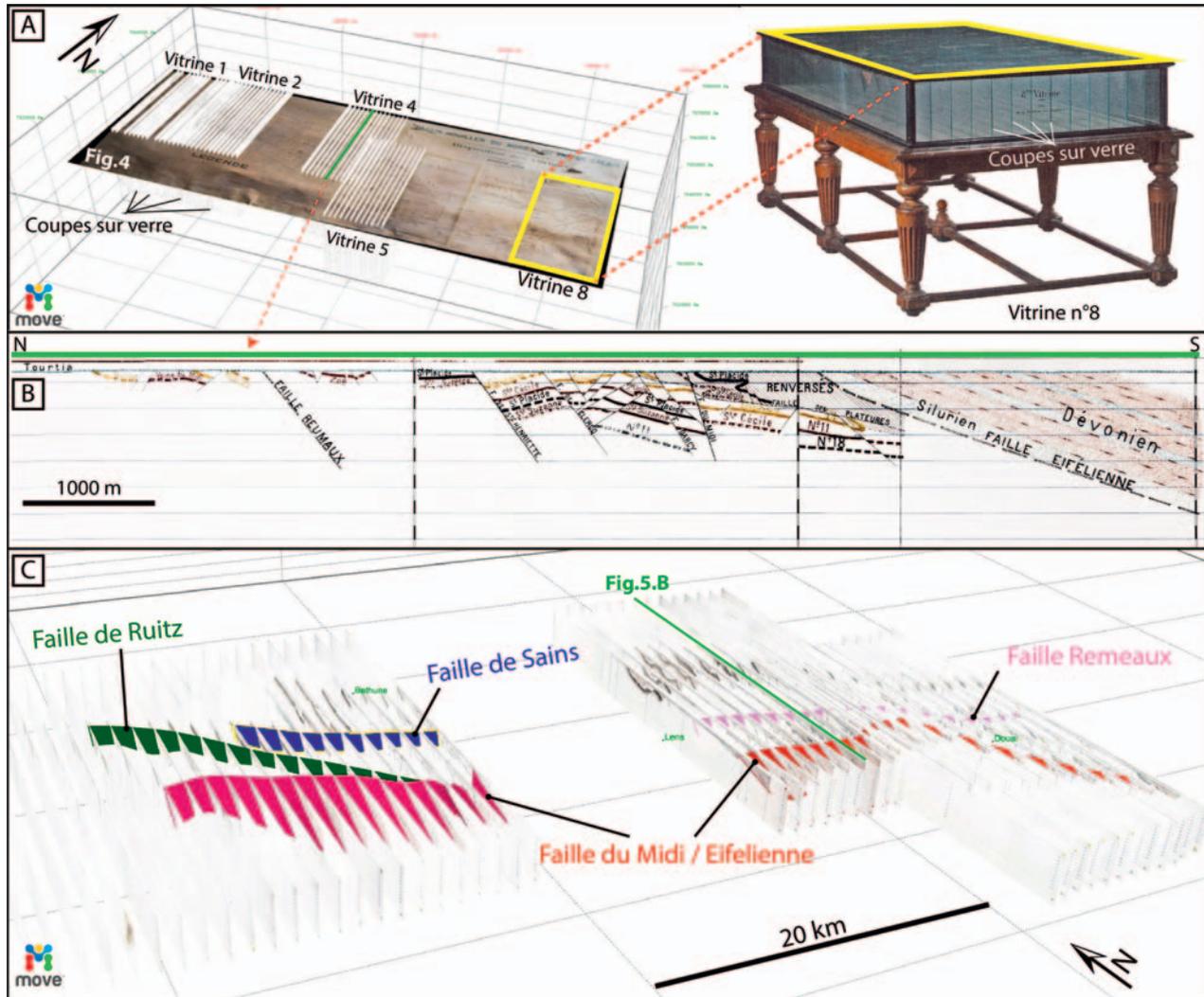


Fig. 5. — Modélisation géométrique 3-D préliminaire de la structure du BHNPC, d’après la conception du bassin en 1905. A) Vue oblique de l’importation des coupes des « tables de verre » n° 1, 2, 4 et 5 (traits blancs). La carte correspond à la Figure 4. La vitrine n° 8 (cadre jaune) est toujours exposée au Musée d’Histoire Naturelle de Lille. B) Coupe n° 48 de la table 4 (portion sud) présentée pour exemple (localisation sur Fig.5A-C grâce à la trace verte). C) Exemple de création d’une surface continue pour les principales failles par numérisation du tracé des failles sur chacune des coupes. Travail de modélisation 3-D réalisé avec l’aide du logiciel Move™ développé par Midland Valley.

Fig. 5. — Preliminary 3-D modelling of the structure of the Nord – Pas-de-Calais coal basin, after the 1905 understanding. A) Oblique view of the uploaded cross-sections of “glass-table” #1, 2, 4 and 5 (white lines). The map corresponds to figure 4. “Glass-table” #8 (yellow frame) is still exposed at the present Lille Museum of Natural History. B) Cross-section #48 from “glass-table” #4 (south segment) is presented as an example (location on Fig. 5.A-C; green trace). C) Example of major fault surfaces by digitizing fault traces along each section. 3-D modelling work has been carried-out with Move™ software developed by Midland Valley.

Musée de Decazeville (table datant des années 1940) ou encore au Musée de la Mine de Saint-Etienne (table datant de 1889). L’ingénieur en chef des mines de Douai ne s’y était pas trompé car il énonçait en octobre 1905, à l’issue de son intervention lors de la réunion de la Société de l’Industrie minière à Douai, la recommandation suivante : «Il me sera permis de terminer par un conseil. Des coupes sur verre analogues à celles dont nous venons de parler peuvent, dans chaque mine, rendre de réels services pour l’étude du gîte à exploiter.» (Küss, 1905). Ce type de représentation des structures des bassins houillers apparaît donc relativement commun au début du XX^e siècle. Ainsi, par bien des aspects, comme la qualité de leur conception et de leur fabrication, l’époque de leur construction ou encore l’étendue qu’elles représentent, les « tables de verre » du Musée

Houiller de Lille constituent des témoins historiques précieux, à la fois de la recherche scientifique et de l’activité industrielle de la région Nord – Pas-de-Calais au cours du XX^e siècle. Il s’agit par ailleurs d’un objet de communication très pertinent qui aidait les géologues et ingénieurs à visualiser et raisonner en 3 dimensions.

III. — VERS UNE REPRESENTATION EN 3-DIMENSIONS DE LA GEOMETRIE DU BASSIN HOULLER

Récemment, un projet de numérisation des « tables de verre » a été lancé dans le cadre d’un mémoire de formation de

licence de l'Université de Lille (Crépin, 2013) (Fig.5). A cette occasion, les quatre « tables de verre » démontées du MHNL ont été photographiées afin d'être archivées numériquement

et de mener une étude de la géométrie en 3-D du Bassin Houiller. Cela représente les quatre plans sur verre horizontaux correspondant à l'emprise géographique des tables n°1, 2, 4

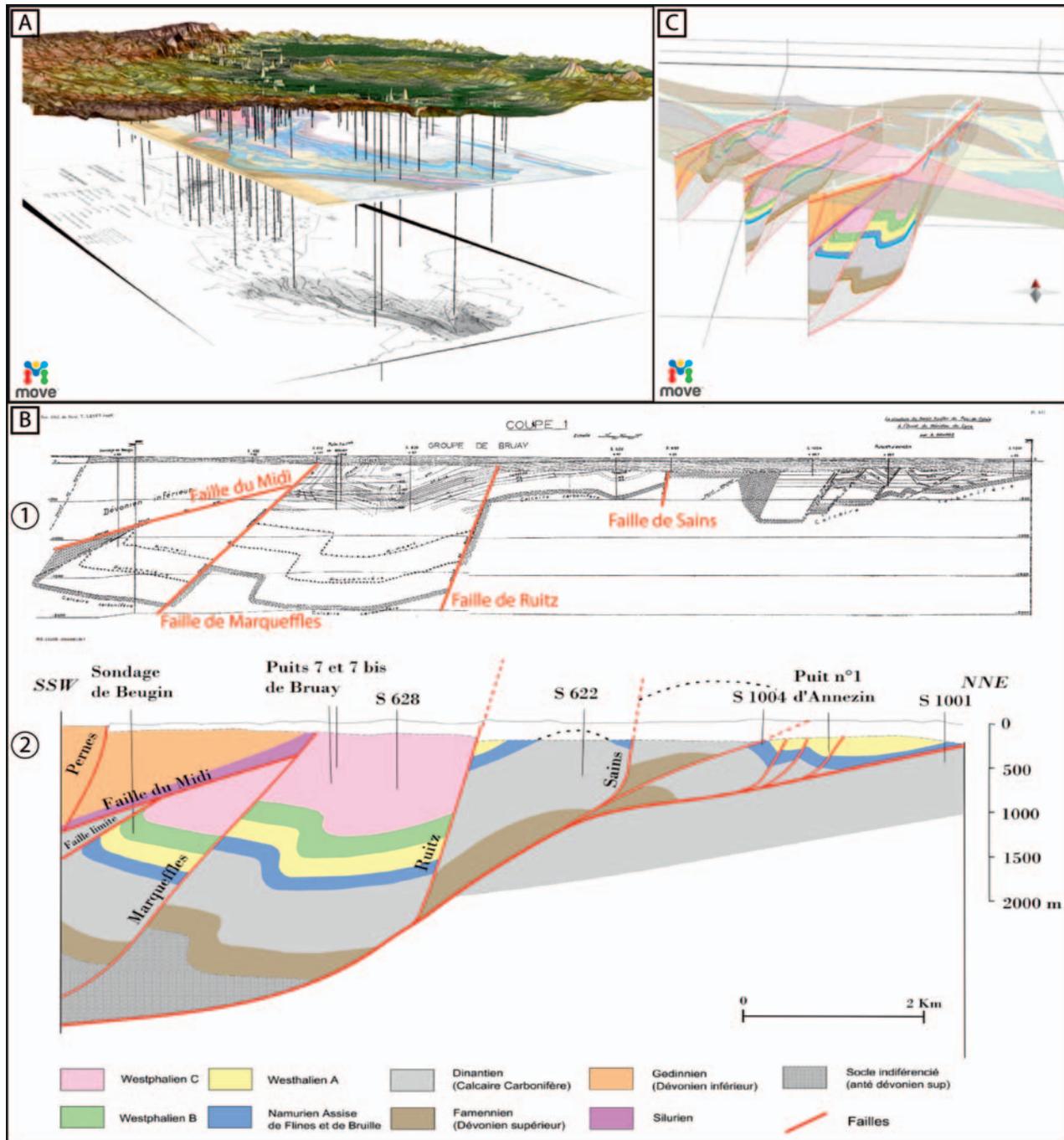


Fig. 6. — Modélisation géométrique 3-D préliminaire de la structure du BHNPC (d'après la conception du bassin en 1960-1980) et actualisation des coupes. A) Le modèle intègre une partie des sondages géologiques et les principales cartes publiées. Les données topographiques proviennent de la BD ALTI@ à 25m de l'IGN. Exagération verticale x20. Les deux cartes en dessous de la topographie correspondent, de haut en bas, aux zones stratigraphiques à la profondeur -300 (Bouroz *et al.*, 1963) et -1000 (Becq-Giraudon, 1983). B) Essai de rééquilibrage d'une coupe géologique sur la partie ouest du Bassin Houiller (d'après Bouroz, 1948; Junique, 2016). C) Essai de modélisation 3-D de la portion ouest du BHNPC par corrélation latérale de trois coupes géologiques actualisées (Junique, 2016).

Fig. 6. — Preliminary 3-D modelling of the structure of the Nord – Pas-de-Calais coal basin, after the 1960-1980 understanding, and updating of geologic cross-sections. A) The model integrates only a part of the wells and the major published geological maps. Topography dataset is from the 25m resolution BD ALTI@ from IGN. Vertical exaggeration is x20. The two maps beneath the topography correspond to, from top to bottom, the stratigraphic zones at the -300m (Bouroz *et al.*, 1963) and -1000m (Becq-Giraudon, 1983). B) First try of cross-section restoration on the western part of the coal basin (after Bouroz, 1948; Junique, 2016). C) First try of 3-D modelling of the western side of the Nord – Pas-de-Calais coal basin from lateral connexion between three updated sections (Junique, 2016).

et 5 ainsi que les 58 coupes sur verre illustrant la géométrie des couches en profondeur (exemple sur la Fig. 5B). Les trois tables du Centre Historique Minier de Lewarde et la table n° 8 en exposition au MHNL n'ont pas encore été numérisées. Il est évidemment espéré qu'elles le seront prochainement. Toutes ces coupes et cartes ont ensuite été intégrées au sein d'un logiciel de modélisation structurale Move™ développé par la société Midland Valley et mis en accès gratuitement à l'Université Lille 1 grâce à une licence académique (Fig. 5A). A partir des données d'ores et déjà importées dans le logiciel, il est possible de visualiser la géométrie 3-D des surfaces correspondant aux principales failles de la portion ouest du bassin (Failles de Ruitz, Sains, Remeaux et du Midi/Eifélienne ; Fig. 5C). Ce résultat constitue un intéressant support de valorisation et de vulgarisation des données muséographiques du MHNL.

Ensuite, les données cartographiques et de sondage des synthèses de 1963 et 1983 (Becq-Giraudon, 1983 ; Bouroz *et al.*, 1963) ont été à leur tour partiellement intégrées dans le modèle 3-D (Fig. 6A) (Dahilouni, 2015). Progressivement, les dizaines de coupes géologiques réalisées par ces auteurs seront intégrées afin de construire la vision géométrique 3-D du bassin dans les années 1960.

Enfin, plusieurs travaux d'actualisation des coupes géologiques ont été réalisés lors de stages de recherche d'étudiants en licence et master (Bouchehima, 2016 ; Fetati, 2017 ; Junique, 2016) (Fig. 6B-C). En particulier sur l'une des coupes établies dans l'extrême ouest du bassin (Bouroz, 1948), nous avons cherché à conserver les données contraignant la coupe originale (Fig. 6B.1), notamment les sondages et les relevés *in-situ*, tout en complétant la succession stratigraphique et en proposant une connexion des failles en profondeur (Fig. 6B.2).

Bien qu'incomplet pour le moment, un des objectifs de ce projet est de proposer un modèle géométrique complet des structures géologiques du BHNPC sur les périodes 1905, ~ 1960 et aujourd'hui. D'un point de vue épistémologique, il sera intéressant d'analyser et de comparer l'évolution de la vision en 3-D que les géologues ont eue du BHNPC.

IV. — CONCLUSION - PERSPECTIVES

Le Bassin Houiller du Nord – Pas-de-Calais fut un objet géologique très étudié aux XIX^e et XX^e siècles de par son importance stratégique. Délaissé scientifiquement depuis des décennies (la dernière grande synthèse date de 1963), la géométrie de ses structures profondes reste sous-contrainte parce que : 1) les concepts géologiques modernes tels que ceux associés à l'équilibrage des coupes ou au phénomène d'inversion tectonique n'ont pas été appliqués, et 2) les données acquises jusqu'à la fermeture des concessions n'ont pas été intégrées. A partir d'une approche originale basée sur des outils de modélisation géométrique 3-D, nous souhaitons dans les prochaines années actualiser notre vision des géométries du sous-sol de cette région. Conjugué à une approche de modélisation expérimentale (Graveleau *et al.*, 2012), nous souhaitons étudier l'importance de paramètres stratigraphiques, tectoniques et géodynamiques sur le développement du bassin. Cela devrait permettre de mieux contraindre son évolution et de comprendre son enregistrement de la dynamique de la grande chaîne varisque. Ce travail de réactualisation des connaissances permettra, par ailleurs, de fournir un support scientifique fondamental en amont de nombreuses problématiques régionales dans le domaine de l'environnement et du développement durable. Par exemple,

le projet pourra alimenter les études actuelles menées sur le potentiel de développement de la géothermie basse énergie (notamment sur les eaux de mines). Sans une vision actualisée des géométries des roches et des discontinuités géologiques (failles) en profondeur, les modélisations hydrauliques sont empreintes d'incertitudes et les perspectives de développement géothermique sont limitées. Grâce à ce projet, la vision 3-D du sous-sol du Bassin Houiller que nous proposerons viendra documenter en amont les réflexions de développement géothermique.

Différentes instances nationales et régionales sollicitent également le milieu académique afin qu'il apporte son expertise sur l'enjeu de la maîtrise des risques et de leurs impacts environnementaux. Conjugée à la cartographie précise des « vides miniers » résultant de l'exploitation du charbon, notre modélisation géologique du sous-sol pourrait servir de support aux différentes problématiques concernant les risques géologiques et environnementaux en contexte « après-mine » (Meilliez, 2017 ; Lemal & Meilliez, 2017). Par exemple, grâce à cette nouvelle vision 3-D que l'on aura du sous-sol du Bassin Houiller, il serait possible de mieux cerner les fractures géologiques susceptibles d'être sismogéniques, et de comprendre comment les réseaux de branchement de ces différentes discontinuités peuvent contrôler le transfert des fluides et de chaleur au sein du bassin et vers la surface.

Notre projet repose fondamentalement sur la construction d'un modèle 3-D par ordinateur de la géométrie du sous-sol du BHNPC. Avec cet outil, nous serons capables de produire des documents (images, animations, simulations) et d'illustrer dynamiquement comment le sous-sol est constitué et s'est construit. Ces outils seront directement exploitables par divers publics (d'initiés ou non) afin de leur faciliter la compréhension de « l'invisible sous leurs pieds ».

Enfin, comme nous l'avons précisé dans l'introduction, le BHNPC ne s'arrête pas à la frontière franco-belge mais se poursuit vers l'est avec le bassin houiller du Hainaut. Dans un premier temps, la quantité de données (archives) à considérer étant tellement importante du côté français, nous n'envisageons pas de mener le même type d'étude du côté belge. Cependant, au fur et à mesure de la progression de notre travail, nous ne manquerons pas de nous rapprocher du Service Géologique de Belgique afin de discuter de la cohérence de notre démarche vis-à-vis des informations dont recèle leur partie du bassin d'avant-pays nord varisque.

Remerciements. — La mise en route de ce projet a été rendu possible grâce au concours de nombreux étudiants de licence et master de l'Université de Lille 1 cités dans le texte. De nombreuses institutions de la région des Hauts-de-France travaillant sur le BHNPC, à savoir la Mission Bassin Minier, le Centre Historique Minier de Lewarde, le Musée d'Histoire Naturelle de Lille, l'Unité Territoriale Après Mine Nord et le BRGM, sont ici chaleureusement remerciées pour leur soutien et leur enthousiasme à soutenir ce projet. Francis Meilliez et Noël Vandenberghe sont chaleureusement remerciés pour leurs commentaires constructifs délivrés dans une version préliminaire de ce manuscrit. Enfin, la société Midland Valley est remerciée pour la mise à disposition gratuite du logiciel Move™ dans le cadre d'une licence académique accordée à l'Université Lille 1. Ce travail n'a malheureusement bénéficié d'aucun soutien programmatique dédié.

BIBLIOGRAPHIE

- BECQ-GIRAUDON J.-F. (1983). — *Synthèse structurale et paléogéographique du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais*. Éditions du BRGM, Orléans, 67 p.
- BOUCHEHIMA K. (2016). — *Modélisation structurale du bassin houiller Nord-Pas de Calais (partie Est)*. Mémoire de Licence, UFR Sciences de la Terre. Université de Lille 1, 25 p.
- BOUROZ A. (1948). — La structure du Bassin Houiller du Pas-de-Calais à l'Ouest du Méridien de Lens. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **68** : 93-105.
- BOUROZ A. (1969). — Le Carbonifère du Nord de la France. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **89** : 47-65.
- BOUROZ A., STIEVENARD H., BUISINE M., DALINVAL A., DOLLE P., PINEL G. & PUIRABAUD G. (1963). — *Carte des zones stratigraphiques à la côte - 300 m du Bassin Houiller du Nord et du pas de Calais*, édit. Institut Géographique National, Paris.
- COOPER M.A. & WILLIAMS G.D. (1989). — Inversion tectonics. *Geological Society, London, Special Publication*, **44** : 375 p.
- CREPIN B. (2013). — *Modélisation Géométrique 3D dans le bassin houiller du Nord-Pas-de-Calais à partir de données historiques du Musée de Lille : Les Tables de Verre*. Mémoire de Licence, UFR Sciences de la Terre. Université de Lille 1, Villeneuve d'Ascq, 27 p.
- CUVELIER J. & OUDOIRE T. (2017). — Le musée houiller de Lille et ses collections : un héritage remarquable de l'activité minière du Nord – Pas-de-Calais. *Annales de la Société Géologique du Nord*, 2e série, **24** : 43-50.
- DAHILOUNI C. (2015). — *Mise en place d'une base de données pour la modélisation géométrique en 3-D du bassin minier du Nord-Pas de Calais*. Mémoire de Master, UFR Sciences de la Terre. Université Lille 1, 29 p.
- DAHLSTROM C.D.A. (1969). — Balanced cross sections. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **6** : 743-757.
- DELCAILLAU B. (2004). — *Reliefs et tectonique récente*. Nouveau Précis de Géomorphologie, Vuibert, Paris, 259 p.
- DELMER A. (1997). — Structure tectonique du bassin houiller du Hainaut. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **5** (2^{ème} série) : 7-15.
- DHAINAUT A. (2007). — Géologues et ingénieurs des mines à la découverte du sous-sol. In : BECKARY S. ed., Pays'âges. Musée d'Histoire naturelle de Lille, Lille, 108 p.
- DOLLE P. (1985). — L'histoire de la géologie et de son évolution dans le Bassin Houiller du Nord-Pas de Calais, de son origine à 1960. *Travaux du Comité Français d'Histoire de la Géologie. Annales des Mines*, Deuxième Série, **Tome 3** : 41-73.
- DROZDZEWSKI G. (1993). — The Ruhr coal basin (Germany): structural evolution of an autochthonous foreland basin. *International Journal of Coal Geology*, **23** (1) : 231-250.
- ELLIOTT D. (1983). — The construction of balanced cross-sections. *Journal of Structural Geology*, **5** : 101.
- FETATI S. (2017). — *Modélisation structurale 3D du bassin houiller du Nord-Pas-de-Calais : équilibrage et restauration des coupes*. Mémoire de Master, UFR Sciences de la Terre. Université de Lille 1, 30 p.
- FRANKE W, HAAK V., ONCKEN O. & TANNER, D. (2000). — Orogenic Processes: Quantification and Modelling in the Variscan Belt. *Geological Society, London, Special Publications*, **179** : 459 p.
- GRAVELEAU F. (2008). — *Interactions Tectonique, Erosion, Sédimentation dans les avant-pays de chaînes: Modélisation analogique et étude des piémonts de l'est du Tian Shan (Asie Centrale)*. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, Montpellier : 487 p.
- GRAVELEAU F., MALAVIEILLE J. & DOMINGUEZ S. (2012). — Experimental modelling of orogenic wedges: A review. *Tectonophysics*, **538-540** : 1-66.
- JUNIQUE T. (2016). — *Modélisation géométrique 3D du front de la chaîne varisque et du bassin houiller Nord-Pas-de-Calais (partie Ouest): Apport de l'équilibrage des coupes*. Mémoire de Master, UFR Sciences de la Terre. Université de Lille 1 : 34 p.
- KÜSS H. (1905). — Les coupes des bassins du Nord et du Pas-de-Calais. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **34** : 398-408.
- LACQUEMENT F., AVERBUCH O., MANSY J.-L., SZANIAWSKI R. & LEWANDOWSKI M. (2005). — Transpressional deformations at lateral boundaries of propagation thrust-sheets: the example of the Meuse Valley recess within the Ardennes Variscan fold-and-thrust belt (N France-S Belgium). *Journal of Structural Geology*, **27** : 1788-1802.
- LACQUEMENT F., BARCHI P. & QUESNEL F. (2004). — *Carte géologique harmonisée de la région Nord- Pas de Calais*. Rapport BRGM/RP53484-FR, 188 p.
- LE GALL, B. (1994). — Deformation of the Nord-Pas-de-Calais Carboniferous Coalfield (France) in the Variscan Frontal Tectonic Pattern. In : MASCLE A. (ed.), *Hydrocarbon and Petroleum Geology of France*. Springer, Berlin, Heidelberg, 379-398.
- LEMAL S. & MEILLIEZ F. (2017). — L'après-mine, un nouveau chapitre scientifique du bassin houiller du Nord – Pas-de-Calais. *Annales de la Société Géologique du Nord*, 2e série, **24** : 59-67
- MALAVIEILLE J. (2010). — Impact of erosion, sedimentation, and structural heritage on the structure and kinematics of orogenic wedges: Analog models and case studies. *Geological Society of America, Today*, **20** : 4-10.
- MARCEL R. (1996). — *Le Musée d'Histoire Naturelle de Lille de 1820 à 1980, Histoire de la Faculté des Sciences de Lille et de l'Université Lille1 - Sciences et Technologies*. Association de Solidarité des Anciens de l'Université Lille 1. Disponible à l'adresse URL : <http://asa3.univ-lille1.fr/>

- [publications/Tome1_faculte_des_sciences.pdf](#) ; consultée le 29/06/2017.
- MATTE P. (1986). — La chaîne varisque parmi les chaînes paléozoïques péri-atlantiques, modèle d'évolution et position des grands blocs continentaux au Permo-Carbonifère. *Bulletin de la Société Géologique de France*, (8), **tome II**, n° 1 : 9-24.
- MEILLIEZ F. (1989). — *Importance de l'évènement calédonien dans l'allochtone ardennais ; Essai sur une cinématique paléozoïque de l'Ardenne dans la chaîne varisque*. Thèse de doctorat d'état, Université du Maine, Le Mans : 518 p.
- MEILLIEZ F. (2017) – Héritages de l'exploitation industrielle et scientifique du gisement Houiller du Nord et du Pas-de-Calais (Carbonifère supérieur), une longue histoire (XVIIe – XXIVe siècles). *Annales de la Société Géologique du Nord*, 2^e série, **24** : 17-31
- METIVIER F., GAUDEMER Y., TAPPONNIER P. & KLEIN M. (1999). — Mass accumulation rates in Asia during the Cenozoic. *Geophysical Journal International*, **137** : 280-318.
- MINGUELY B. (2007). — *Caractérisation géométrique 3-D de la couverture sédimentaire méso-cénozoïque et du substratum varisque dans le Nord de la France*. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille : 230 p.
- THIEBAULT F. (2010). — *Histoire de la Géologie à la Faculté des Sciences de Lille 1857 - 1970. Histoire de la Faculté des Sciences de Lille et de l'Université de Lille 1 - Sciences et Technologies*. Disponible à l'adresse URL : http://asa3.univ-lille1.fr/publications/Tome8_geologie.pdf ; consultée le 29/06/2017.

LE MUSEE HOULLER DE LILLE ET SES COLLECTIONS : UN HERITAGE REMARQUABLE DE L'ACTIVITE MINIERE DU NORD – PAS-DE-CALAIS

The coal museum of Lille and its collections : a remarkable heritage of mining activities in the Nord – Pas-de-Calais region

par Jessie CUVELIER (*) & Thierry OUDOIRE (**)

Résumé. – Le Musée houiller est institué en 1907 à Lille, à l'initiative de Charles Barrois, dans l'objectif d'être un outil au service des compagnies minières du Nord - Pas-de-Calais. Il est mis à disposition des ingénieurs et est également ouvert à la société civile. Aujourd'hui, il en résulte deux collections singulières, témoins du patrimoine minier, à l'Université de Lille et au Musée d'histoire naturelle de Lille. Depuis 110 ans, trois phases différentes ont enrichi cet ensemble en spécimens scientifiques que les chercheurs n'ont cessé d'analyser tandis que la politique muséographique de présentation des échantillons auprès du grand public a connu deux périodes.

Abstract. – *The coal Museum was instituted in 1907 in Lille, under Charles Barrois initiative, in order to become a tool at the service of the mining companies of the Nord - Pas-de-Calais region. It is made available to engineers and is also open to civil society. Nowadays, the result is two unique collections, witnesses of the mining heritage, both at the University of Lille and the Natural History Museum of Lille. For 110 years, three different phases have enriched this set of scientific specimens that researchers have constantly analyzed, while the museographic policy of presenting samples to the general public has had two periods.*

Mots-clés. – Collections, patrimoine minier, musée houiller, histoire des sciences.
Key words. – *Collections, mining heritage, coal museum, history of sciences.*

I. – INTRODUCTION

Le Musée houiller de Lille est inauguré officiellement par le directeur de l'enseignement supérieur, M. Bayet, représentant le ministre de l'Instruction publique, le 5 mai 1907 dans des locaux adjacents à la faculté des Sciences qui deviendra ensuite



Université. Ce projet, conçu par Charles Barrois, matérialise un instrument scientifique au service de l'industrie minière et de la société. Chaque veine de charbon est caractérisée par sa composition lithologique et paléontologique (faune et flore). Le bassin houiller est traversé par des couches-repères, permettant d'unifier la nomenclature des veines entre les compagnies minières. Le Musée houiller (Fig. 1) a pour vocation de réunir l'ensemble des documents nécessaires à l'exploitation de ce bassin dans un même lieu, propice au progrès de la science. Sa mission est de conserver, outre les plans et coupes géologiques, les roches, minéraux et fossiles découverts, mais aussi de montrer les produits issus du charbon et des restitutions des temps anciens pour délivrer une leçon de choses au public (Barrois, 1907a). Conjointement, le musée constitue un catalogue précis des fossiles de plantes et d'animaux afin que les ingénieurs puissent les identifier facilement par une visite du musée, sans de longues recherches bibliographiques.

Fig. 1. - Le musée houiller en 1909 (Association française pour l'avancement des sciences, 1909).

Fig. 1. - *The Coal Museum in 1909 (Association française pour l'avancement des sciences, 1909).*

(*) Université de Lille – Sciences et Technologies, UMR 8198 Evo-Eco-Paléo, bâtiment SN5 (Sciences de la Terre), avenue Paul Langevin, 59655 Villeneuve d'Ascq cedex ; Jessie.Cuvelier@univ-lille1.fr.

** Musée d'Histoire naturelle, 19 rue de Bruxelles, 59000 Lille ; toudoire@mairie-lille.fr

Dans les *Annales de l'Université de Lille* sur la situation de l'Enseignement supérieur de l'année scolaire 1905-1906, l'objectif du musée est ainsi résumé : présenter « toutes les questions relatives à l'histoire du charbon, à son emploi, à sa répartition, et à ses applications locales, de façon à instruire tous ceux qui le visiteront, étudiants, ingénieurs, ou simples mineurs, et à leur enseigner le chemin de l'Institut de Géologie. » (Damien, s.d.a.). Plusieurs institutions vont par conséquent participer à l'enrichissement des collections ou aider au fonctionnement de ce musée. Dès 1906, Charles Barrois obtient une subvention annuelle de 4 500 francs de la Chambre des houillères pour un poste de maître de conférences de paléontologie houillère dont le premier titulaire est Maurice Leriche (Matrion & Cuvelier, 2014). La ville de Lille, le département du Nord et le département du Pas-de-Calais versent respectivement 1 000, 1 000 et 500 francs pour un poste de préparateur du musée houiller (ADN 2T709). Paul Bertrand est nommé à ce poste, avant de remplacer Maurice Leriche en 1911 au poste de maître de conférences. Il devient titulaire de la Chaire de paléobotanique, à sa création par l'université en 1927.

De la naissance du musée houiller en 1907 à la fermeture de la fosse 9-9bis d'Oignies dans les années 1990, les compagnies minières (qui deviendront les Houillères du Nord - Pas-de-Calais lors de la nationalisation au lendemain de la Seconde Guerre mondiale) enrichissent les collections du musée, alternant des phases maigres et des périodes fastes : par exemple, la destruction des mines de charbon par les Allemands lors de leur défaite en 1918 a ralenti l'accroissement des collections, et passagèrement amené des échantillons du bassin houiller sarro-lorrain (Cuvelier & Oudoire, à paraître) tandis que la bataille du charbon de 1945 relance les recherches sur le bassin houiller (Oudoire *et al.*, 2014) et six thèses sur les plantes fossiles carbonifères du Nord - Pas-de-Calais sont soutenues et publiées par les Houillères. Aujourd'hui, le musée houiller n'existe plus, ni physiquement ni administrativement. L'histoire commune de l'université de Lille et du musée d'histoire naturelle a permis de constituer deux ensembles remarquables de collections géologiques (Oudoire *et al.*, 2014) parmi lesquels le patrimoine minier du siècle dernier continue à être mis en valeur. Les collections géologiques et paléontologiques du musée d'histoire naturelle représentent près de 190 000 spécimens. Au sein de cet ensemble, le patrimoine houiller est représenté par 7 517 échantillons paléobotaniques (Oudoire *et al.*, 2008), 3 900 spécimens du Carbonifère *s.l.*, 105 objets issus de la carbochimie (des produits de la distillation

du charbon donnés par la Compagnie des mines de Béthune) et près de 150 charbons et tonsteins. L'université de Lille, quant à elle, possède 10 000 échantillons micropaléontologiques et 50 000 fossiles de plantes (Matrion & Cuvelier, 2014), ces derniers provenant majoritairement des bassins carbonifères du nord et de l'est de la France, un matériel d'étude paléobotanique transporté lorsque l'université a emménagé dans de nouveaux locaux à Annapes (campus actuel de Villeneuve d'Ascq). Au cours du XX^e siècle, les recherches scientifiques menées sur les spécimens du musée houiller ont connu trois périodes significatives. La médiation scientifique autour de ce patrimoine révèle plutôt deux époques différentes, représentatives de visions distinctes de la science par la société.

II. – UN INSTRUMENT SCIENTIFIQUE AU SERVICE DE L'INDUSTRIE MINIERE

1) 1907-1939 - Un échange de bons procédés

Entre la création du musée houiller et le début de la Seconde Guerre mondiale, la première phase d'enrichissement est supportée par les compagnies minières : Charles Barrois oriente le travail scientifique vers une collaboration avec les industriels (Matrion & Cuvelier, 2014). Dès l'ouverture du musée en 1907, de nombreux échantillons accompagnés de relevés d'exploitation sont « libéralement offerts » et envoyés au musée houiller par toutes les compagnies minières régionales : Aniche, Anzin, Bruay, Drocourt, Flines-Lès-Raches, Gouy-Servins, Lens, Liévin, Marles, Meurchin, Noeux, Ostricourt, Vicoigne et Vimy-Fresnois. Comme les rapports annuels du Conseil de l'université l'attestent dans les *Annales de l'Université de Lille* entre 1907 et 1914, plus de 600 échantillons et des carottes de cinq sondages, profonds de 800 à 1 200 mètres, y sont déposés dès la première année (Damien, s.d.b.). Le personnel du musée houiller entreprend une étude détaillée de ces échantillons : les spécimens paléobotaniques (Fig. 2A) sont déterminés et classés par Paul Bertrand (Pruvost, 1945) et une grande partie du travail sur la faune (Fig. 2B) est confiée à Pierre Pruvost (Pruvost, 1919). Ces données, associées aux relevés de l'exploitation du charbon et aux huit tables en verre représentant la disposition des veines de charbon dans le bassin houiller (Küss, 1905), vont permettre une première conceptualisation globale de la structure de

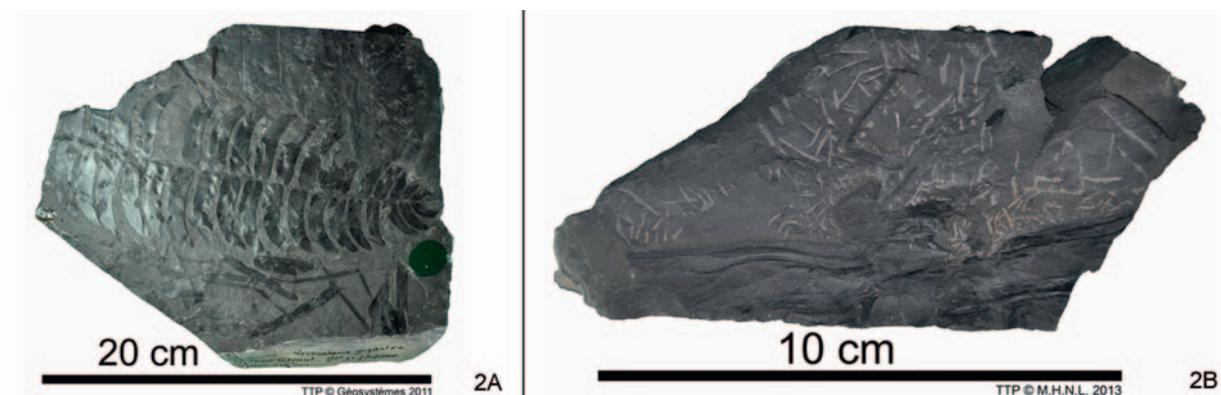


Fig. 2. - A. *Paripteris gigantea* Sternberg 1822, USTL 797, Carbonifère, Compagnie des mines d'Aniche, fosse Gayant (crédits : Jessie Cuvelier).
B. *Boltonia robusta* Pruvost 1919, MGL 6124, Carbonifère, Compagnie des mines d'Anzin, fosse Thiers (crédits : Trans'Tyfpal – Musée d'Histoire Naturelle de la Ville de Lille).

Fig. 2. - A. *Paripteris gigantea* Sternberg 1822, USTL 797, Carboniferous, Compagny of the mines of Aniche, pit Gayant (crédits : Jessie Cuvelier).
B. *Boltonia robusta* Pruvost 1919, MGL 6124, Carboniferous, Compagny of the mines of Anzin, pit Thiers (crédits : Trans'Tyfpal – Musée d'Histoire Naturelle de la Ville de Lille).

l'ensemble du bassin minier, matérialisée par l'une des peintures murales réalisée dans les escaliers de la faculté des Sciences de l'époque (Meilliez *et al.*, 2014). Toutefois, Barrois, auteur de multiples observations géologiques sur le bassin minier, précise que l'apport des recherches scientifiques à l'activité minière date déjà du dernier quart du XIX^e siècle puisque des travaux de Jules Gosselet ont permis d'augmenter la surface d'exploitation de plusieurs milliers d'hectares (Barrois, 1907b). En réponse, les ingénieurs des mines n'hésitent pas à louer les services rendus à la production par les méthodes paléontologiques conçues par Barrois (Vigier, 1926) !

2) 1945-1990 - Une relance des études scientifiques pour la bataille du charbon

Avec la nationalisation et la rationalisation des moyens des Houillères, de nouveaux travaux sont entrepris à l'échelle du bassin minier et relancent l'enrichissement des collections du musée houiller. Ces travaux, menés par le corps des ingénieurs des mines comme Jacques Chalard (1921-2010) (Laveine & Cuvelier, 2011) ou André Dalinval (1920-2015) (Laveine *et al.*, 2016), visent notamment à trouver de nouveaux niveaux-repères. Les découvertes de niveaux marins (Chalard & Dalinval, 1960) et surtout des niveaux argileux de cendres volcaniques, les tonsteins (Bouroz *et al.*, 1953), accompagnent les travaux de caractérisation chimique des veines de charbon entrepris par Duparque (Thiébault, 2011). De nombreux échantillons de faune carbonifère et de tonsteins (Fig. 3) font leur entrée en collection, donnés par les ingénieurs des mines. La vision globale du bassin minier s'affine et donne lieu à de nouvelles interprétations, matérialisées notamment en 1963 par la carte du bassin minier à la cote -300 (Bouroz *et al.*, 1963). Cette période est également marquée par des travaux de recherches menés sur d'autres bassins miniers par les palynologues et les paléobotanistes de l'université (Claudine Brousmiche, Robert Coquel, Paul Corsin, Paule Danzé-Corsin, Jean-Pierre Laveine, Stanislas Loboziak). L'emménagement de la faculté à Annapes, qui devient l'université des Sciences et Technologies en 1966 n'interrompt pas cette dynamique de recherche, mais aboutit à la création de deux ensembles : la collection de l'université, dynamisée par les travaux de recherches, d'une part ; et un fonds ancien de paléobotanique, resté *in situ*, sous la responsabilité du musée d'histoire naturelle de Lille qui restera en l'état pendant plus de 20 ans, d'autre part. Globalement, l'enrichissement s'amenuise progressivement avec le déclin de l'activité minière : la fosse 9-9bis d'Oignies, dernière fosse en activité dans la région Nord - Pas-de-Calais ferme définitivement en 1990.

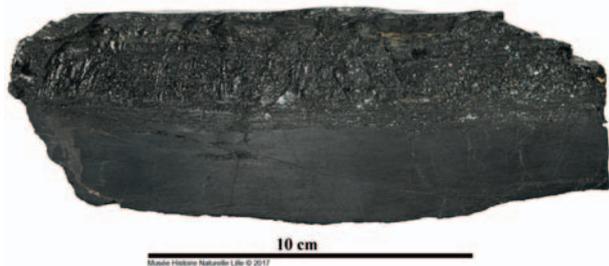


Fig. 3. - Tonstein Espérance, Compagnie des mines de Lens, fosse 4, veine B, - 900 m (crédits : Olivier Boilly – Musée d'Histoire Naturelle de la Ville de Lille).

Fig. 3. - Tonstein Espérance, Compagny of the mines of Lens, pit 4, seam B, - 900 m (crédits : Olivier Boilly – Musée d'Histoire Naturelle de la Ville de Lille).

3) de 1990 à aujourd'hui - Une collection toujours enrichie par les anciens mineurs et amateurs éclairés

La dernière phase s'ouvre au début des années 1990, peu après la nomination par la Ville de Lille d'une conservatrice territoriale, Sophie Beckary, en charge des musées de géologie et houiller (Oudoire *et al.*, 2014). Sous son impulsion, en plus d'un remaniement des présentations permanentes de géologie, une politique d'enrichissement des collections houillères est menée selon deux axes principaux. Le premier consiste à effectuer des prélèvements sur les terrils de la région (825 spécimens sont récoltés). Le second consiste à compléter ces campagnes de fouilles par des acquisitions (achats, dons) auprès d'anciens mineurs et d'amateurs éclairés. Les collections Belhis (1 257 spécimens provenant du fonds des exploitations du Nord et du bassin de Montceau-les-Mines), Vallois (424 spécimens régionaux) et Langlet (467) sont patrimonialisées entre 1996 et 2009. Bien qu'une partie de ces échantillons n'ait pas été récoltée en place, au fond, les découvertes peuvent être remarquables. Citons l'exemple d'un type de Limule, *Valloisella lievinensis* RACHEBOEUF 1992, découvert par Bruno Vallois sur un terril de Liévin (Racheboeuf, 1992) (Fig. 4).

Quant à l'université de Lille, la politique scientifique n'étant plus exclusivement guidée par l'industrie minière, les collections de recherche se sont diversifiées et l'enrichissement de ces dernières années concerne des études micropaléontologiques variées (ostracodes, chitinozoaires, radiolaires, acritarches, *etc.*). L'ensemble paléobotanique est en cours d'inventaire afin de faciliter l'accès à ces échantillons. Il est remarquable par la localisation précise de chaque échantillon en profondeur. Il est inenvisageable aujourd'hui de réunir autant de matériel d'étude, après la fermeture des mines et le remplissage des fosses. Ces fossiles constituent donc une collection de référence mondiale du terrain carbonifère régional, consultée régulièrement par les chercheurs. Près de 84 publications scientifiques (inventaire exhaustif, probablement incomplet des types et figurés des collections houillères) entre 1878 et 2016 portent sur 1906 types et figurés issus du bassin houiller du Nord de la France, soit plus de la moitié des spécimens de référence des collections



Fig. 4. - *Valloisella lievinensis* Racheboeuf 1996, MGL 5067-1, Carbonifère, Liévin, terril de la fosse 3 (crédits : Trans'Tyfpal – Musée d'Histoire Naturelle de la Ville de Lille).

Fig. 4. - *Valloisella lievinensis* Racheboeuf 1996, MGL 5067-1, Carboniferous, Liévin, heap of the pit 3 (crédits : Trans'Tyfpal – Musée d'Histoire Naturelle de la Ville de Lille).

lilloises. La répartition de ces spécimens en fonction de leur origine montre la contribution, plus ou moins importante, de chaque compagnie minière, aux collections, la hauteur de cette participation étant probablement liée à la taille de l'exploitation de ces compagnies (Fig. 5).

Cependant, la valorisation scientifique n'a cessé depuis les premiers travaux. La dernière en date est un peu le fruit du hasard, ou comment une fougère à poil conduit à proposer un nouveau genre en paléobotanique... L'analyse chimique de 36 échantillons fossiles de pinnules de *Macroneuropteris scheuchzeri* HOFFMANN 1826 (Zodrow, 2014), connue pour ses excroissances assimilées à des « poils », a conduit à réexaminer l'ensemble des spécimens conservés en collection. Il s'est avéré que ces poils coexistent avec des canaux sécréteurs (dont la fonction n'est pas encore parfaitement comprise), pouvant être vides ou remplis de matière organique lorsque la plante est fossilisée (Laveine & Oudoire, 2015). L'élargissement de ces observations à d'autres ptéridospermées fossiles a apporté un éclairage nouveau sur un groupe complet et a conduit à proposer la présence/absence de ces canaux sécréteurs comme critère de diagnose au sein des groupes des neuroptéridées et odontoptéridées, puis à proposer le regroupement de plusieurs espèces sous le Genre *Cyrillopteris* LAVEINE 2016 (Laveine & Oudoire, 2016).

III. — LA VALORISATION DU PATRIMOINE HOUILLER VERS LE PUBLIC

Il est possible de distinguer deux périodes de valorisation du patrimoine houiller vers le grand public.

1) 1907-1980 - Une leçon de choses et une vitrine au service des mines

Bien qu'un fonds de collection houillère ait existé auparavant, c'est à partir de la création du musée houiller qu'une volonté de mettre en valeur le patrimoine minier régional apparaît autour des tables de verre matérialisant la structure du bassin minier réalisées pour l'Exposition universelle de Liège (Küss, 1905) et d'une reconstitution artistique des plantes carbonifères sur le mur du fond de la salle de présentation des collections. Charles Barrois n'oublie pas le grand public. Il ouvre le musée houiller les dimanches et jeudis en insistant sur l'impact visuel des présentations pour délivrer une « leçon de choses » (Barrois, 1907a). Barrois souligne, lors de la visite au musée houiller des membres de la Société de l'industrie minière, que « le grand public, quand il visite le musée, s'intéresse davantage aux photographies colorisées des plantes qui ont formé le charbon, ainsi qu'à l'essai de reconstitution du paysage houiller régional, représenté de grandeur naturelle sur l'un des murs de la salle » (Barrois, 1922) (Fig. 6).

Le Musée houiller est aussi à cette époque une vitrine du progrès industriel. Les expositions universelles sont en vogue et les compagnies minières n'hésitent pas à se montrer. Lors de l'Exposition universelle de 1900, une « exposition minière souterraine » est installée dans les carrières du 16^e arrondissement de Paris (Thomas, 2012). Le musée ne fait pas exception à la règle : il expose des échantillons lors de l'Exposition universelle de Bruxelles du 23 avril au 1^{er} novembre 1910. Il publie à cette occasion un catalogue de fossiles (Anonyme, 1910). Les rapports annuels du Conseil de l'université dans les *Annales de l'université de Lille* de 1907 à 1914 mentionnent plusieurs expositions auxquelles le musée houiller a participé (Londres, Nancy, Bruxelles, Gand, Lyon). Ces manifestations deviennent

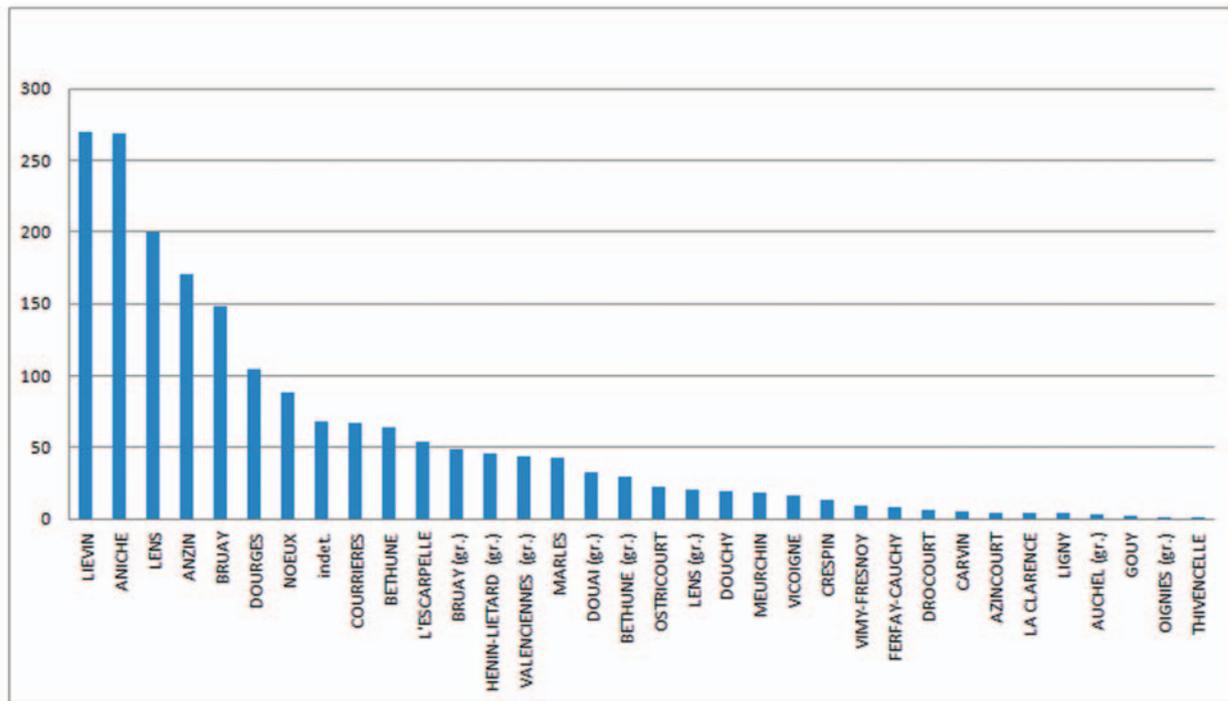


Fig. 5. - Nombre de types et figurés du bassin houiller du Nord de la France (au total, 1906 types et figurés) répartis par compagnies minières (« gr. », « groupe » issu du regroupement de compagnies minières lors de la nationalisation en 1945).

Fig. 5. - Number of type and figured specimens of the coal basin of the North of France (in total, 1906 type and figured specimens) distributed by mining companies ("gr.", "Group" resulting from the regrouping of mining companies during the nationalization in 1945).



Fig. 6. - Le musée houiller dans les années 1930, la galerie a été ajoutée lors de la reconstruction de la Première Guerre mondiale (Braun, 2017, ADN 85 Fi).

Fig. 6. - The Coal Museum in the 1930s, the gallery was added during the reconstruction of the First World War (Braun, 2017, ADN 85 Fi).

ensuite de plus en plus rares et les présentations sont peu modifiées jusqu'au milieu des années 1980.

2) de 1980 à aujourd'hui - Une nouvelle politique de médiation scientifique

A partir de 1986, Sophie Beckary, nommée conservatrice municipale, décide de remanier les présentations pour laisser place à des thématiques diversifiées (évolution, tectonique des

plaques, reconstitutions paléogéographiques...) permettant de montrer une plus large partie des échantillons esthétiques de l'ensemble des collections géologiques, en écho à de nouvelles attentes de la société en matière de musée. Il s'agit de montrer moins de houiller pour moderniser les présentations permanentes de géologie et attirer un nouveau public. L'exposition permanente du musée houiller n'existe plus. Les échantillons liés à l'exploitation du bassin minier sont alors rendus visibles lors d'expositions temporaires transdisciplinaires (projets *Itinéraires* et *Pays'Âges* entre 2006 et 2008 puis *Briques, Bobines & Cie* en 2011) (Fig. 7) pendant que toutes les tables en verre, à l'exception d'une seule, sont démontées et entreposées en réserves. En contrepartie, la reconstitution grandeur nature des principaux végétaux houillers (Fig. 8), est réalisée en 2006 lors de l'exposition d'intérêt national *Pays'âges* (Musée d'histoire naturelle de Lille, 2007) une première à cette échelle et avec cette diversité. Ces projets muséographiques permettent d'illustrer les liens entre les collections de géologie et les collections de sciences et techniques du musée en montrant notamment les processus industriels, depuis la matière première jusqu'aux produits finis. Cette période marque également une ouverture du musée et des collections vers de nouveaux partenaires culturels : le Centre historique minier de Lewarde, la Mission bassin minier ainsi que d'autres anciens sites miniers des Hauts de France et de Wallonie, voire d'Allemagne et de Pologne. Les collections houillères donnent ainsi une nouvelle place au musée au sein du paysage culturel eurorégional.

IV. — CONCLUSION

Les collections houillères du Musée d'histoire naturelle et de l'université de Lille représentent plus de 60 000 échantillons. Ces deux ensembles, qu'il s'agisse du fonds ancien de paléobotanique et des échantillons du Carbonifère au sens large mis en valeur par des projets pédagogiques pour le musée ou du fonds scientifique de référence en paléobotanique



Fig. 7. - Visuels des expositions *Itinéraires* (2006-2008), *Pays'âges* (2007-2008) et *Brique, Bobines & Cie* (2011) (crédits : Musée d'histoire naturelle de la Ville de Lille).

Fig. 7. - Visuals of the exhibitions *Itinéraires* (2006-2008), *Pays'âges* (2007-2008) and *Brique, Bobines & Cie* (2011) (crédits : Musée d'histoire naturelle de la Ville de Lille).

pour l'université ont leurs spécificités. Ils sont issus de la collaboration entre l'industrie minière et les chercheurs depuis l'inauguration du musée houiller en 1907, puis des relations entre le musée et les amateurs depuis la fermeture des mines. Ils forment une collection de référence des terrains carbonifères



en France et une collection patrimoniale unique depuis l'arrêt de l'exploitation du bassin minier. Si l'enrichissement est modéré depuis quelques années, le travail scientifique basé sur les spécimens paléontologiques houillers n'a jamais cessé, ainsi que la volonté d'expliquer leur rôle dans l'histoire géologique et industrielle de la région.

Remerciements — Nous tenons à remercier Sophie Beckary (Mairie de Lille) et Sophie Braun (Espace Culture, Université de Lille – Sciences et technologies) pour leurs relectures et leurs conseils avisés.

Fig. 8. - Reconstitution d'une forêt carbonifère à taille réelle dans le cadre de l'exposition *Pays'âges* (crédits : Olivier Boilly – Musée d'histoire naturelle de la Ville de Lille).

Fig. 8. - Reconstruction of a real-size Carboniferous forest during the exhibition *Pays'âges* (crédits : Olivier Boilly – Musée d'histoire naturelle de la Ville de Lille).

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME (1910). — *Catalogue de la collection de fossiles du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais conservés au Musée houiller de Lille et représentés à l'exposition internationale de Bruxelles*. Le Bigot-Frères, Lille : 42 p.
- ASSOCIATION FRANCAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES (1909). *Lille et la région du Nord en 1909, tome 1*. Danel, Lille : 1308 p. World Wide Web address : <http://nordnum.univ-lille3.fr/ark:/naan/a0114797189601CIA2I/d8a2cea13e>
- BARROIS C. (1907a). — Inauguration du Musée Houiller. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **XXXVI** : 97-124.
- BARROIS C. (1907b). — Le rôle de la géologie dans la région minière du Nord de la France. *L'écho des mines et de la métallurgie*, **1838** (21 janvier 1907) : 73-78.
- BARROIS C. (1922). — Visite du musée houiller de Lille. *Revue de l'industrie minière*, **37** (2^{ème} partie, 1^{er} juillet 1922) : 235-236.
- BOUROZ A., CHALARD J. & DOLLÉ P. (1953). — Extension géographique et valeur stratigraphique des niveaux de tonstein du bassin houiller du Nord de la France. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **LXXIII** : 98-152.
- BOUROZ A., STIEVENARD M., BUISINE M., CHALARD J., DALINVAL A., DOLLE P., PINEL G. & PUIBARAUD G. (1963). — *Carte des zones stratigraphiques à la cote - 300*. Service des Ressources et des Etudes Géologiques, Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais (Edition 1963, Institut Géographique National).
- BRAUN S. (2017). — La Faculté des sciences de Lille pendant la Première Guerre mondiale. *Les Nouvelles d'Archimède*, **73** : 29-31.
- CHALARD J. & DALINVAL A. (1960). — Découverte de *Reticuloceras metabilingue* Wright et *R. wrightii* Hudson au Siège de Sessevalle du Groupe de Douai des H.B.N.P.C. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **LXXX** : 5-10.
- CUVELIER J. & OUDOIRE T. (à paraître). — Les collections géologiques sous les tourmentes de la Grande Guerre : l'exemple lillois. In : *14-18, la Terre et le Feu – Géologie et géologues sur le front occidental*.
- DAMIEN B. (s.d.a). — Rapport sur la situation de la Faculté des Sciences pendant l'année scolaire 1905-1906. *Annales de l'Université de Lille, Rapport annuel du Conseil de l'Université, Comptes-rendus de MM. les doyens sur la situation et les travaux des Facultés* : 50-75.
- DAMIEN B. (s.d.b). — Rapport sur la situation et les travaux de la Faculté des Sciences pendant l'année scolaire 1907-1908. *Annales de l'Université de Lille, Rapport annuel du Conseil de l'Université, Comptes-rendus de MM. les doyens sur la situation et les travaux des Facultés* : 55-80.
- KÜSS M. (1905). — Les coupes des bassins du Nord et du Pas-de-Calais offertes au Musée houiller de Lille par la chambre des Houillères. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **XXXIV** : 398-407.
- LAVEINE J.-P. & CUVELIER J. (2011). — Jacques Chalard (1921-2010). *Annales de la Société Géologique du Nord*, **18** (2^e série) : 3-9.
- LAVEINE J.-P. & OUDOIRE T. (2015). — Partial alopecia for the Permo-Pennsylvanian seed-fern *Macroneuropteris scheuchzeri*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **216** : 132-142.
- LAVEINE J.-P. & OUDOIRE T. (2016). — Morphological analysis of the GRAND'EURY 1890 large frond fragment attributed to *Odontopteris reichiana*, from the Pennsylvanian (Stephanian) of the Gard coalfield (SE of Massif

- Central, France). Morphological and taxonomical considerations on the odontopterids. Erection of *Cyrillopteris* gen. nov. *Palaeontographica*, B : *Palaeobotany - Palaeophytology*, **216** (1-4) : 1-83.
- LAVEINE J.-P., OUDOIRE T. & CUVELIER J. (2016). — André DALINVAL (1920-2015). *Annales de la Société Géologique du Nord*, **23** (2^e série) : 65-68.
- MATRION M. & CUVELIER J. (2014). — Patrimoine industriel et scientifique : la collection de paléobotanique de l'université de Lille. *Patrimoine Industriel*, **65** : 108-117.
- MEILLIEZ F., AMEDRO F. & OUDOIRE T. (2014). — Les peintures murales de l'Institut des sciences naturelles à Lille : un patrimoine géologique à préserver. In : BLIECK A. et DE BAERE J.-P. (dir.), 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** : 139-149.
- MUSEE D'HISTOIRE NATURELLE DE LILLE (2007). — *Pays'âges : ... au début, il y avait la forêt*. Exposition du 16 décembre 2007 au 03 août 2008. Ville de Lille, 108 p.
- OUDOIRE T., DELBECQUE S. & DEMARQUE D. (2008). — Les collections du Musée d'Histoire Naturelle de Lille. V. La collection de paléobotanique du Carbonifère. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **15** (2^e série) : 39-45.
- OUDOIRE T., CUVELIER J., D'ANDREA J., KOCH C. & DHAINAUT A. (2014). — Le département de géologie du Musée d'Histoire Naturelle de Lille, des collections à l'image de l'histoire géologique régionale. In : BLIECK A. et DE BAERE J.-P. (dir.), 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** : 175-183.
- PRUVOST P. (1919). — *Introduction à l'étude du terrain houiller du Nord et du Pas-de-Calais : La faune continentale du terrain houiller de Nord de la France*. Imprimerie nationale, Paris : 584 p.
- PRUVOST P. (1945). — L'œuvre de Paul Bertrand, paléobotaniste (1879-1944). *Annales de la Société Géologique du Nord*, **LXV** : 127-137.
- RACHEBOEUF P.R. (1992). — *Valloisella lievinensis* n. g. n. sp. : nouveau Xiphosure carbonifère du Nord de la France. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, **1992** (6) : 336-342.
- THIEBAULT F. (2011). — *La géologie à la Faculté des Sciences de Lille de 1857 à 1970*. Association de Solidarité des Anciens – Université Lille 1 (ASA – USTL), Publications, Histoire de la Faculté des sciences de Lille, **Tome 8** : 29 p. World Wide Web address : http://asa.univ-lille1.fr/publications/Tome8_geologie.pdf ; fichier pdf 6,5 Mo.
- THOMAS G. (2012). — La partie immergée de l'Exposition universelle internationale de 1900, Mines et mineurs entre réalité et imaginaire. *Bulletin ABC Mines*, **35** : 14-30.
- VIGIER R. (1926). — Intérêt pratique et application de l'étude paléontologique du terrain houiller. *Revue de l'industrie minière*, **135** (1^{ère} partie, 1^{er} août 1926) : 345-354.
- ZODROW E.L. (2014). — Molecular self-assembly : Hypothesized for « hair » of *Macroneuropteris scheuchzeri* (Pennsylvanian-age seed-fern). *International Journal of Coal Geology*, **121** : 14-18.

AUTRES SOURCES UTILISEES

Archives départementales du Nord : dossier 2T709, Enseignement supérieur : Affaires générales, université : Comptabilité : Budgets : 1913-1923.

Archives départementales du Nord : dossier ADN 75 Fi, Album de photographies de l'université de Lille.

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* : 150 tomes de 1870 à 2016, 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 cénoomanien, 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 (paru en décembre 2014) ;
- des *Tables Générales* : cinq ont été publiées ; la 6^e a été mise en ligne en janvier 2013 et imprimée dans le tome 20 des *Annales* en décembre 2013.

Catalogue et bon de commande téléchargeables à l'adresse suivante :

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

LE CENTRE HISTORIQUE MINIER, CENTRE DE RESSOURCES POUR LA RECHERCHE

The Historical Mining Centre, a resources centre for research

par Virginie MALOLEPSZY (*)

Résumé. – Les archives conservées au Centre couvrent toute la période de l'exploitation du charbon dans le bassin du Nord – Pas-de-Calais (1720-1990), depuis les prémices des compagnies minières jusqu'à la fermeture des Houillères nationalisées. Ces archives abordent l'ensemble des thématiques liées au monde de la mine : organisation de l'entreprise, histoire économique et sociale, connaissance du fond, techniques d'exploitation, patrimoine industriel.

Abstract. – *The archives that are preserved at the Centre cover the entire history of coal mining in the Nord – Pas-de-Calais region (1720-1990), from the beginning of the private mining companies to the closure of the nationalized mining company. They cover all themes relating to the world of mining: company organization, economic and social welfare history, knowledge of the pits, mining techniques and industrial heritage.*

Mots-clés. – Archives, charbon, fosse, recherche, sciences.

Key words. – Archives, coal, pit, research, sciences.

I. – INTRODUCTION

Le 6 novembre 1973, le Conseil d'administration des Houillères du Bassin du Nord - Pas-de-Calais (HBNPC) décide la création du Centre Historique Minier, un conservatoire de la mémoire, qui a pour objet d'apporter aux générations futures le témoignage de trois siècles d'activité minière, industrielle et sociale dans le Nord - Pas-de-Calais. Dès 1974, la fosse Delloye à Lewarde est choisie comme siège de ce conservatoire. Sous l'impulsion d'Alexis Destruys, Secrétaire général des HBNPC, toute l'entreprise est appelée à se mobiliser afin de rassembler les objets et les documents les plus caractéristiques de la vie des compagnies minières et des Houillères du bassin. Des articles paraissent dans *Relais*, le journal d'entreprise : le premier en janvier 1974 permet d'informer l'ensemble des mineurs de la création du Centre Historique Minier ; en juin, le journal revient sur l'annonce et demande à chacun de collaborer à cette dynamique en collectant et donnant les documents et les objets qu'il peut avoir en sa possession. Entre 1974 et 1992, date de la dissolution des HBNPC, les collections et fonds d'archives du Centre vont se constituer. Au fur et à mesure de la fermeture des puits, mais aussi des services, les équipes présentes sur le site de la fosse Delloye vont récupérer, inventorier objets et documents en provenance de tout le bassin minier.

En 1982 l'Association du Centre Historique Minier est créée pour gérer le projet. Elle rassemble aux côtés de l'entreprise – les Houillères du Bassin du Nord - Pas-de-Calais – l'État, la Région Nord – Pas-de-Calais, les départements du Nord et du Pas-de-Calais, la commune de Lewarde et des représentants des cinq syndicats de mineurs. Dès cette date, le Centre se compose de trois pôles complémentaires : un musée de la mine, un centre d'archives et de ressources documentaires et un centre de culture scientifique de l'énergie (CCSE). Le musée rassemble une collection de 15 000 objets. Le Centre

d'archives et de ressources documentaires conserve un fonds d'archives historiques publiques et des fonds d'archives privées (Fig. 1). Le Centre de culture scientifique de l'énergie a, quant à lui, l'objectif de replacer l'histoire spécifique de l'exploitation du charbon dans le Nord - Pas-de-Calais dans l'histoire plus

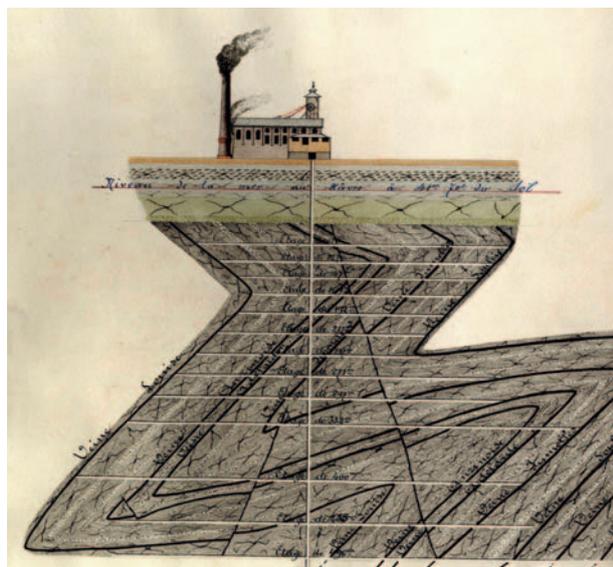


Fig. 1. — Coupe de la Fosse de l'Eclaireur, Compagnie des Mines de Douchy, 1885. © Centre Historique Minier (prêt ANMT).

Fig. 1. – Geological cross-section of the L'Eclaireur Colliery, Douchy Mining Company, 1885. © Centre Historique Minier (prêt ANMT).

(*) Centre Historique Minier, Fosse Delloye, 59287 Lewarde ; e-mail : vmalolepszy@chm-lewarde.com

générale de l'énergie en France et dans le monde. Le Centre Historique Minier accueille près de 150 000 visiteurs chaque année et depuis son ouverture en 1984 plus de 4 millions de visiteurs (Dubuc *et al.*, 1994).

II. — UN CENTRE D'ARCHIVES AU CENTRE HISTORIQUE MINIER

1) La constitution des fonds

Les fonds d'archives conservés au Centre Historique Minier, revêtent deux statuts bien distincts (privé et public) mais sont extrêmement complémentaires et participent à la conservation du patrimoine du Bassin minier (Debrabant & Paris, 2003).

a) Un fonds d'archives historiques publiques

Depuis la Nationalisation des Houillères en 1945, les archives produites par l'entreprise et celles dont l'entreprise a hérité, ont un statut public. Leur conservation par les Houillères du Bassin du Nord - Pas-de-Calais s'est faite en plusieurs étapes. L'initiative revient à la Direction des Archives de France, en 1966, qui permet la signature de conventions avec les services d'archives des départements du Nord et du Pas-de-Calais et des dépôts de fonds auprès de chacun des deux organismes. En 1982, les HBNPC décident de regrouper sur le site de la Fosse Delloye non plus une sélection mais l'ensemble de leurs archives. Des fonds émanant des anciennes compagnies du bassin mais aussi des services des HBNPC sont alors transférés sur le site de Lewarde.

En 1985, la Direction des Archives de France autorise les HBNPC à gérer, sous le contrôle scientifique et technique de l'État, ce fonds d'archives publiques historiques issu des anciennes compagnies minières et des Houillères du Bassin du Nord - Pas-de-Calais. Le 16 janvier 1987, les HBNPC signent une convention de mise à disposition de ces archives à l'Association du Centre Historique Minier qui gère le site de Lewarde. Avec la transformation du statut du Centre Historique Minier d'Association loi 1901 en Établissement public de coopération culturelle, une convention de prêt annuelle a été passée avec les Archives Nationales du Monde du Travail le 1^{er} juillet 2016, permettant au Centre de continuer à gérer ce fonds.

b) Des fonds d'archives privés

Depuis la création de l'Association du Centre Historique Minier en 1982, les équipes scientifiques se sont efforcées d'enrichir le fonds d'archives historiques par des acquisitions auprès de particuliers ou de professionnels et par des campagnes de collectes. Ces campagnes, dans un premier temps très généralistes, ont de plus en plus été orientées en fonction des thématiques traitées par la programmation, en lien avec le Conseil scientifique du Centre. Ainsi, les fonds ont été complétés au gré des dons ou des achats par des documents personnels d'anciens mineurs, par des ensembles documentaires patiemment rassemblés par des particuliers sur la mine en général ou sur des aspects historiques, scientifiques ou techniques très spécifiques. Parmi les dons importants, que ce soit par leur taille ou leur unicité, on peut citer notamment des fonds d'archives d'anciens ingénieurs des mines ou de scientifiques. Par ailleurs, la notoriété du Centre et le réseau tissé depuis près de vingt ans ont permis l'acquisition de pièces d'archives exceptionnelles, telles que des gravures, des actes notariés, des collections de cartes postales, des notices ou des registres de plans techniques. Parallèlement, l'équipe scientifique a entrepris depuis les années 1990 le recueil de témoignages auprès des anciens mineurs ou de leurs familles autour de thématiques variées comme les



Fig. 2. — Sondage du Grand Quesnoy à Vieux-Condé, 1966. © Centre Historique Minier (prêt ANMT).

Fig. 2. — Borehole of Le Grand Quesnoy (Vieux-Condé), 1966. © Centre Historique Minier (prêt ANMT).

métiers mais aussi tout ce qui constitue la culture minière.

2) La typologie des fonds

Le fonds documentaire conservé au Centre Historique Minier regroupe 2,4 km linéaires d'archives papier dont 30 000 plans, une bibliothèque de 7 000 ouvrages, 500 films et 500 000 photographies. Les archives papier couvrent pour le fonds d'archives historiques publiques toute la période de l'exploitation du charbon dans le bassin du Nord - Pas-de-Calais (1720-1990), depuis les prémices des compagnies minières jusqu'à la fermeture des Houillères nationalisées. Ce sont des archives de gestion émanant des fosses et des services des vingt-neuf compagnies minières ayant existé de 1720 à 1944. Pour certaines compagnies, telles que la Compagnie des mines d'Anzin ou la Société des mines de Lens, les fonds sont représentatifs de l'ensemble de leurs activités – administrative, technique, productive, sociale – et couvrent toute leur durée d'existence. Pour la période après 1944, les archives sont celles produites par les différents services, groupes d'exploitation des HBNPC jusqu'à la fin de l'exploitation en 1990. Ces archives abordent l'ensemble des thématiques liées au monde de la mine.

Pour les fonds privés, les thématiques recoupent les mêmes champs disciplinaires mais peuvent concerner d'autres bassins miniers français ou étrangers et des périodes plus larges que celle du Bassin minier du Nord - Pas-de-Calais.

La bibliothèque regroupe trois types de fonds. Le premier est le fonds historique constitué depuis le XIX^e siècle par les différentes compagnies du bassin puis par les Houillères du Nord - Pas-de-Calais. Ces ouvrages, véritables outils de travail, abordent les différents problèmes auxquels étaient confrontées les entreprises dans leur travail quotidien : les questions juridiques (droit minier, législation du travail...), les questions techniques (cours d'exploitation réalisés par les ingénieurs des mines...), voire géologiques. Ce sont également des ouvrages historiques sur les compagnies (telles que les notices rédigées par les sociétés pour les expositions universelles), sur le bassin minier ou les autres bassins français ou étrangers. Le deuxième est un fonds de 250 revues spécialisées françaises et étrangères qui regroupe des publications techniques (telles que les *Annales des Mines* ou l'*Industrie Minérale*), des journaux syndicaux, des journaux d'entreprise (collections complètes des différents journaux de groupe, de *Relais* et de différents bassins français et étrangers) ainsi que des revues historiques et régionales. La constitution du troisième fonds date de 1985. Il se compose de différentes publications sur le monde de la mine, sur l'histoire régionale, les loisirs, le patois, le patrimoine industriel en France et à l'étranger mais aussi sur les autres sources d'énergie et l'exploitation des autres minerais (or, fer...).

Le fonds photographique regroupe l'ensemble des images rassemblées et produites par le service des Relations Publiques des Houillères du Nord - Pas-de-Calais (Fig. 2). L'intérêt de ce fonds réside autant dans sa diversité (époques, thématiques, supports), que dans son importance quantitative (plus de 500 000 documents), et la qualité esthétique des prises de vues. Ce fonds iconographique inestimable s'est constitué durant plus d'un siècle grâce dans un premier temps à des photographes privés travaillant sur commandes, puis par des employés recrutés directement par les Houillères. Les images qui le composent permettent d'illustrer aussi bien les aspects techniques de l'exploitation, les industries de transformation du charbon que les cités minières et les activités sociales propres aux HBNPC. Les clichés datent de la fin du XIX^e siècle pour les plus anciens et vont jusqu'au début des années 1980 pour les plus récents.

La cinémathèque se compose de l'ensemble de la production audiovisuelle de l'entreprise : plus de 500 films en 16 et 35 mm, 350 vidéogrammes UMATIC et 300 enregistrements sonores. Depuis leur nationalisation et jusqu'aux années 1980, les HBNPC ont en effet commandé de nombreux films à des réalisateurs indépendants, comme à leur propre service de communication, afin de valoriser le groupe en interne ou en externe auprès de clients potentiels et assurer la formation de son personnel. Trois grandes thématiques se dégagent pour ces productions : l'exploitation minière, les films de groupes, les œuvres sociales.

III. — LES ARCHIVES DE LA MINE

L'ensemble de ces archives permet d'aborder tous les sujets ayant trait à l'exploitation du charbon en Nord - Pas-de-Calais du XVIII^e au XX^e siècle mais aussi tous les aspects de la culture minière.

1) Pour une histoire économique, sociale et politique

Les archives sont une ressource précieuse pour aborder l'histoire du bassin minier du Nord - Pas-de-Calais et à travers cette histoire l'organisation administrative, juridique et économique des entreprises. Ainsi, les actes de société, les différents statuts des compagnies mais aussi les dossiers de conseils d'administration ou d'assemblées générales sont

autant de sources permettant de comprendre le fonctionnement des vingt-neuf compagnies ou des HBNPC. Cette histoire du bassin minier est également une histoire économique que différents documents tels que les registres comptables, les résultats statistiques fournis par les entreprises, les plans de sites commerciaux, les tracts publicitaires permettent de traiter. Leurs études aboutissent ainsi à une meilleure connaissance de la gestion des finances, de l'évolution de la production, des infrastructures commerciales, mais aussi des politiques suivies en matière de promotion des produits.

L'exploitation minière est bien sûr liée à l'installation d'infrastructures de production, de transformation et de transport en surface et sous terre. Les archives techniques regroupent les rapports de la direction des travaux du fond et près de 30 000 plans d'exploitation du fond faisant état de l'avancement des travaux, mais aussi des notices descriptives, des études et des plans de matériel minier ou de sièges d'exploitation, de cités, de bâtiments administratifs ou d'établissements industriels (lavoir, centrale, usines, cokerie) utilisant ou conditionnant le charbon. Les fonds photographiques ou les films viennent illustrer ces aspects techniques, de même que les collections d'affiches techniques ou de sécurité produites notamment à partir des années 1950.

L'exploitation minière est bien évidemment aussi liée aux hommes et aux femmes qui ont travaillé pendant près de trois siècles à l'extraction du charbon. Si les dossiers des personnels ne sont pas conservés au Centre Historique Minier mais à l'Agence Nationale pour la Garantie des Droits des Mineurs à Noyelles-sous-Lens ou aux Archives Nationales du Monde du Travail à Roubaix, les différents fonds conservés permettent d'étudier les effectifs et leur évolution, les différents statuts tels que le Statut du mineur datant de 1946, les salaires, les évolutions de carrière, les recrutements de main-d'œuvre étrangère. Les fonds renferment également de nombreux documents sur les revendications, les mouvements sociaux et la législation sociale mise en place notamment à la fin du XIX^e siècle. Enfin, tous les aspects de la vie quotidienne des mineurs et de leurs familles peuvent être étudiés : l'évolution de l'habitat (des coronas du XIX^e siècle aux cités modernes des années 1960), les œuvres sociales, la santé et les infrastructures sanitaires, les loisirs, les vacances.

2) Des archives pour les sciences

En raison de la nature même de l'entreprise, les fonds d'archives et de ressources documentaires conservés au Centre Historique Minier revêtent principalement un caractère scientifique et technique et constituent ainsi une ressource essentielle pour les chercheurs s'intéressant au domaine de la mine. Il faut dans un premier temps souligner ce que l'on nomme généralement la littérature grise, parmi laquelle la collection complète des *Annales des Mines* (depuis 1798), les différentes publications de la Société de l'Industrie minière ; des publications étrangères telles que *Glückauf* ou *Coal Age* sont une mine d'informations sur la géologie des bassins miniers charbonniers ou autres, les techniques d'exploitation, les recherches en matière de sécurité, les inventions ou procédés. La bibliothèque dispose également de nombreux cours d'exploitation des mines destinés à l'enseignement des ingénieurs. Sur les aspects liés à la géologie minière, il convient de mettre en avant le fonds du service géologique du groupe de Valenciennes des HBNPC qui regroupe l'ensemble des coupes et profils des fosses de la Compagnie des Mines d'Anzin mais aussi les coupes de terrains, plans de serrement ou dossiers de sondages de la même Compagnie. Parmi les fonds, on peut également citer les cartes de concessions, les différents plans du sous-sol établis par les Compagnies, les reportages photographiques liés aux campagnes de sondages des HBNPC. Les chercheurs disposent aussi des principales études



Fig.3. — Carte du gisement de la concession d’Aniche, s.d. © Centre Historique Minier (prêt ANMT).

Fig. 3. – Aniche Concession coal mine map (without date). © Centre Historique Minier (prêt ANMT).

géologiques et minières publiées notamment dans le *Bulletin des services de la carte géologie de France et des topographies souterraines*, de traités sur le gisement, d’études sur la structure du gisement. Le Centre conserve des archives de géologues et de géomètres tels que par exemple le fonds de Jacques Chalard, ingénieur géologue, chef des études géologiques aux HBNPC.

IV. — CONCLUSION

Le premier utilisateur des fonds d’archives est le Centre Historique Minier lui-même à travers ses activités de programmation et de recherches que ce soit dans les expositions permanentes et temporaires mais aussi les publications et les colloques. Le Centre ouvre également ces archives au public

depuis 1984 dans son centre de ressources documentaires. Une centaine de chercheurs est ainsi accueillie chaque année. Ce sont principalement des universitaires régionaux ou nationaux, de tous les niveaux de la licence au doctorat et de toutes les formations : architecture, droit, sciences humaines, sciences, médecine, écoles d’ingénieurs... Ces chercheurs sont aussi des professionnels de l’aménagement du territoire, de la culture, du monde de l’édition, du cinéma ou des médias ainsi que des particuliers qui souhaitent retracer la vie de leur lieu de travail, des événements précis ou éléments anecdotiques ou obtenir des compléments d’information suite à leur visite du musée.

Remerciements. — Deux relecteurs ont permis d’améliorer la présentation et le contenu de cet article, Francis Meilliez (Université de Lille) et un relecteur anonyme.

BIBLIOGRAPHIE

DEBRABANT V. & PARIS A. (2003). — Le Centre Historique Minier de Lewarde, siège de ressources documentaires et foyer de recherches. In : VARASCHIN D., *Travailler à la mine, une veine inépuisée*. Artois Presses Université, Arras : 13-14.

DUBUC A. en collaboration avec KUHNMUNCH A., LE FOLL T. & SPRIMONT K. (1994). — Le Centre Historique Minier de Lewarde : un musée de la mine sur le site de la Fosse Delloye. *Musées et collections publiques de France*, 203 : 6-13.

LE BASSIN MINIER DU NORD – PAS-DE-CALAIS, UN PATRIMOINE INSCRIT SUR LA LISTE DU PATRIMOINE MONDIAL À VALORISER

The Nord – Pas-de-Calais Coal Basin : a World Heritage Site to promote

par Catherine BERTRAM (*)

Résumé. – Le pays noir du Nord – Pas-de-Calais a longtemps souffert d’une image négative dans les yeux des habitants et des visiteurs, ce qui a été un obstacle à tout projet culturel ou touristique. Le chemin fut long et difficile avant que le Bassin n’engrange les effets bénéfiques et visibles de 30 ans de politiques de reconquête des friches notamment : progressivement, ce qui était vu comme un fardeau est devenu un héritage ayant de la valeur, ce processus ayant été accéléré par le projet d’inscription sur la Liste du patrimoine mondial. Soutenue fortement par les habitants, l’inscription du Bassin minier du Nord – Pas-de-Calais à l’UNESCO est devenue réalité le 30 juin 2012, en tant que « Paysage Culturel Evolutif », ce qui est à la fois la reconnaissance mondiale de la Valeur Universelle et Exceptionnelle de ce patrimoine scientifique, industriel, social et de la diversité de ses paysages, mais aussi un moteur pour l’innovation et les projets culturels, économiques et touristiques.

Abstract. – *The Nord – Pas-de-Calais « black country » suffered a long time from a repulsive image for inhabitants and visitors, which was an obstacle to any touristic or cultural projects. It has been a long and difficult way before the Mining Basin gained the visible benefits of 30-year brownfield regeneration policies for example: progressively, which used to be considered as a “burden” has become a valuable heritage, this process being accelerated by the World Heritage candidacy. Highly supported by inhabitants, the inscription of the Nord – Pas-de-Calais Mining Basin on the World Heritage List was obtained on 30th June 2012, as an “evolving cultural landscape”, which is both a worldwide recognition of the Universal and Exceptional Value of this scientific, industrial, social heritage and of the diversity of its landscapes, and a booster for innovation and cultural, economic and touristic projects.*

Mots-clés. – Bassin minier, Nord – Pas-de-Calais, Patrimoine de l’Humanité, paysages miniers, tourisme culturel.
Key words. – *Mining Basin, Nord – Pas-de-Calais, World Heritage, mining landscapes, cultural tourism.*

I. – INTRODUCTION

Le paysage n’est qu’une image dans le film de l’histoire géologique d’un territoire. Mais rapporté à l’échelle de la vie humaine, un paysage se fait palimpseste : il porte les traces plus ou moins conservées ou effacées, de toutes les activités que le genre humain y a inscrites. Dès le début du XVIII^e siècle, la recherche et la production de la houille ont inséré un réseau spécifique au travers d’un territoire que l’agriculture n’avait pas fini d’occuper et que l’urbanisme ne rongait pas encore. Mais 270 ans plus tard, les interactions entre agriculture, industrie et urbanisme ont complètement modifié le paysage et sa dynamique, notamment via les cheminements de l’eau. Certaines conséquences environnementales sont indélébiles (affaissements, pollutions ...) et ont contribué à l’émergence d’une représentation très négative du Pays noir : les paysages de la mine sont restés longtemps et restent encore un patrimoine contesté, à cause de l’effet-repoussoir provoqué par l’image désastreuse des friches, emblématiques du développement non durable, tant pour les habitants que pour les visiteurs.

II. – LA RESILIENCE INACHEVÉE DU BASSIN MINIER

La brutale disparition de l’activité extractive a été vécue comme un choc économique et social tant les conséquences ont été traumatisantes pour les individus et les collectivités vivant sur ce territoire. Ayant subi une succession de chocs et de crises économiques, le Bassin minier est aujourd’hui dans un processus de résilience encore inachevé. Au fil du temps, le paysage et l’économie du territoire ont significativement évolué. Le Bassin minier est devenu attractif en accueillant nombre d’activités et d’emplois, en développant les échanges et a diversifié son tissu économique autour de filières reconnues. Pour autant, le Bassin et pour une partie de ses habitants, demeurent à l’écart de ce développement. Les salariés des nouvelles entreprises rechignent encore à venir y habiter, à l’exception des franges nord et sud, peu marquées par la mine. Ainsi, le Bassin minier est devenu un territoire de paradoxes où se côtoient embellie économique et pauvreté, création d’emplois, chômage élevé et baisse de la population. Le processus de patrimonialisation, la prise de conscience de la valeur de cet héritage culturel ont été accélérés

(*) Mission Bassin Minier, Carreau de Fosse 9/9bis, BP 16, F-62590 Oignies ; cbertram@missionbassinminier.org



Fig. 1. — Photo prise (novembre 2008) depuis le sommet d'un terril, montrant les diverses générations de cités minières à Oignies (62), et les installations de surface de la fosse 9-9bis (concession de Dourges).

Au fond les anciens bâtiments de la sucrerie de Thumeries, situés sur les sables et argiles du Thanétien (série landénienne).
Photo F. Meilliez.

Fig. 1. — Picture shot (november 2008) from a heap top at Oignies (62) : it exhibits most of the diverse mine housing, and the 9-9bis pit buildings (Dourges land concession). Abandoned sugar refinery buildings appear in the far distance. They lie over Thanetian clays and sands (Landen series). Picture F. Meilliez.

par le pari apparemment fou de la candidature à l'UNESCO, portée depuis l'origine par Jean-François CARON, maire de Loos-en-Gohelle et vice-président du Conseil Régional. Il a su convaincre et fédérer autour de lui un grand nombre d'acteurs, pour monter ce dossier de candidature sous la houlette de l'Etat et le porter jusqu'au succès le 30 juin 2012. Le renforcement d'un sentiment d'appartenance à une identité commune et une culture partagée, et les valeurs d'universalité et d'ouverture sont une condition de la résilience globale du territoire minier. Le sentiment de fierté pour l'histoire de cette communauté de travail et humaine est un moteur pour le rebond aujourd'hui, pour les générations présentes et futures du bassin. Cela n'efface pas les souffrances et les conflits forts vécus par les acteurs, mais rappelle le sens des efforts accomplis et les valeurs formant le ciment de cette communauté sociale. Cette identité, cette culture sont maintenant reconnues au niveau universel via l'UNESCO.

III. — UNE AMBITION CULTURELLE INNOVANTE, UN PLAN DE GESTION « UNESCO » EXIGEANT

Le 30 juin 2012, le bassin minier du Nord – Pas-de-Calais était inscrit par l'UNESCO sur la liste du patrimoine mondial de l'humanité en tant que paysage culturel évolutif et vivant (voir le site : <http://www.bassinminier-patrimoine mondial.org> ; Fig. 1). La Valeur Universelle et Exceptionnelle du Bien a été définie autour de trois critères de l'UNESCO :

Critère (ii) : Le Bassin minier témoigne de manière exceptionnelle des échanges d'idées et d'influences à propos des méthodes d'exploitation des filons charbonniers souterrains, de la conception de l'habitat ouvrier et de l'urbanisme, ainsi que des migrations humaines internationales qui ont accompagné l'industrialisation de l'Europe.

Critère (iv) : Les paysages miniers évolutifs et vivants du Bassin offrent un exemple éminent du développement à grande échelle de la mine de houille, aux XIXe et XXe siècles, par les grandes compagnies industrielles et leurs masses ouvrières. Il s'agit d'un espace structuré par un urbanisme, des constructions industrielles spécifiques et les reliquats physiques de cette exploitation (terrils, affaissements).

Critère (vi) : Les événements sociaux, techniques et culturels associés à l'histoire du Bassin minier ont une portée internationale. Ils illustrent de manière unique et exceptionnelle la dangerosité du travail de la mine et l'histoire de ses grandes catastrophes (Courrières). Ils témoignent de l'évolution des conditions sociales et techniques de l'exploitation des houillères. Ils représentent un lieu symbolique majeur de la condition ouvrière et de ses solidarités, des années 1850 à 1990. Ils témoignent de la diffusion des idéaux du syndicalisme ouvrier et du socialisme.

Les inventaires et études scientifiques, techniques et historiques, la sélection des éléments à l'aide de critères partagés et le croisement de leurs résultats avec les stratégies de gestion de plus de 110 propriétaires et gestionnaires de sites ont resserré la délimitation du *Périmètre inscrit* autour de 353 éléments, soit 25% du patrimoine existant (89 communes concernées), portant la *Valeur Universelle Exceptionnelle du Bien* inscrit. La tâche fut longue et complexe. Ainsi, comme le décrit l'ICOMOS (Conseil International des Monuments et des Sites : <http://www.icomos.org>), cette succession de paysages résultant d'une quasi mono-industrie extractive comprend : des éléments physiques et géographiques (terrils, terres agricoles, étangs d'affaissement minier, bois), un patrimoine industriel minier (carreaux de fosses, bâtiments industriels résiduels, chevalements), des vestiges des équipements de transports dit cavaliers (canaux, chemin de fer, convoyeurs), un habitat ouvrier et un urbanisme caractéristiques (corons, cités-jardins, habitat pavillonnaire ...), des éléments monumentaux et architecturaux témoins de la vie sociale (églises, écoles, châteaux patronaux, sièges sociaux des compagnies, locaux syndicaux, gares, hôtels de ville, hôpitaux, dispensaires, salles des fêtes, équipements sportifs), enfin des lieux de mémoire et de célébration de l'histoire du Bassin et de ses mineurs.

La Mission Bassin Minier (www.missionbassinminier.org) est devenue la structure officiellement désignée pour gérer l'inscription du Bassin minier du Nord – Pas-de-Calais sur la Liste du Patrimoine mondial, en coordination étroite avec l'Etat et veille à l'application du *Plan de gestion du Bien* inscrit. Rendu complexe par la nature même du Bien inscrit, le Plan de gestion tente de résoudre la quadrature du cercle : comment protéger la valeur universelle exceptionnelle du Bien, y compris les conditions d'intégrité et/ou d'authenticité définies lors de son inscription, tout en permettant son évolutivité ? Le Plan de gestion rassemble et combine de façon cohérente les outils de la protection réglementaire et de la planification avec la contractualisation, marque de l'engagement des partenaires, les politiques d'intervention régionales et les plans d'action sectoriels qui concernent la protection et la gestion du Bien, autour de deux axes fondateurs : il s'agit non seulement de protéger, d'aménager et de gérer, mais aussi de promouvoir, de valoriser, et de transmettre.

IV. — LA MEDIATION ET LA VALORISATION DU PATRIMOINE AU CŒUR DE LA FEUILLE DE ROUTE COLLECTIVE

Depuis l'inscription, la Mission Bassin Minier a poursuivi l'esprit de mobilisation populaire qui avait soutenu la candidature. Elle est donc particulièrement attentive à la poursuite de cette appropriation par le plus grand nombre. Elle a développé un important chantier lié à la médiation vis-à-vis des publics scolaires et hors temps scolaire et le grand public : elle a noué un partenariat avec le Rectorat, créé un espace « médiation » au sein de son site internet dédié au Patrimoine mondial, créé des expositions itinérantes, porté une résidence-mission avec un

artiste, formé des médiateurs, contribué à des guides touristiques ... Elle a également construit des outils de communication et de promotion (une Marque spécifique, un festival «*le Bassin minier fête le Patrimoine mondial*», le déploiement de la signalétique, les événementiels sportifs avec le *Trail des Pyramides noires* et la participation au salon *Sports de nature*) pour faire comprendre et rayonner l'inscription au plan national et international. Les premiers signes encourageants du changement de regard sur le patrimoine minier commencent à être tangibles, par un fort et durable impact médiatique et une amélioration indiscutable de la notoriété du territoire. Ce mouvement s'inscrit dans une dynamique de coopération positive avec le Louvre-Lens, inauguré en 2012, marque mondialement connue. Initié par l'Etat, un contrat de destination touristique a distingué en 2015 ce couple « UNESCO-Louvre-Lens », en le hissant parmi 20 destinations prestigieuses à promouvoir à l'international, dont la Corse et la Vallée de la Dordogne. Cette promesse d'un tourisme culturel est encore en construction mais les autres expériences

européennes montrent que 10 ans seront nécessaires pour que la Destination porte des fruits.

L'inscription a été certes un temps d'accomplissement décisif et intense, mais il a surtout été un nouveau départ. La prise de conscience collective de cet héritage culturel comme un « capital » vivant et un moteur pour l'action et l'innovation aujourd'hui restent toujours un processus, même si les preuves de cette appropriation citoyenne se multiplient, sous la forme d'initiatives et de projets. Instigatrice du Musée Houiller aujourd'hui placé sous l'autorité de la Ville de Lille, la Société Géologique du Nord aura plaisir à participer à cet effort.

Remerciements. – La Mission Bassin Minier remercie la Société Géologique du Nord de son invitation à participer à cette rencontre et à cette publication, geste qui élargit l'éventail des coopérations pour valoriser ce patrimoine collectif.

L'APRES-MINE, UN NOUVEAU CHAPITRE SCIENTIFIQUE DU BASSIN HOUILLER DU NORD – PAS-DE-CALAIS

Aftermath coal mining, a new scientific chapter for the Nord – Pas-de-Calais coal basin

par Sandrine LEMAL (*) & Francis MEILLIEZ (**)

Résumé. – L'exploitation du bassin houiller du Nord – Pas-de-Calais et le développement de la découverte géologique régionale ont progressé ensemble, se soutenant mutuellement durant 300 ans. Mais comme une telle activité extractive a entraîné des impacts directs et indirects – via les industries dérivées et l'afflux démographique induit – sur le sol et le sous-sol, l'arrêt de l'extraction ne marque pas l'arrêt d'un suivi nécessaire des ajustements internes (mouvements résiduels de sols, circulation et qualité des eaux superficielles et souterraines, gestion du risque gaz). Un service du BRGM est en charge de ce suivi depuis la liquidation du dernier exploitant. A cette mission, il ajoute aussi un rôle important de préservation, de conservation et de valorisation des archives techniques utiles au suivi. La gestion de l'après-mine est aussi une démarche scientifique autant que la prospection.

Abstract. – *Exploitation of the Nord – Pas-de-Calais coal basin and geological discovery of the region have progressed all together, with mutual support all along the last 300 years. However, such an extracting activity induced direct and indirect impacts – through derived industries and subsequent demographic increase – onto ground and within underground. So, stopping extraction does not imply stopping of monitoring unavoidable underground movements (residual subsidence, underground waterways, watertable changes, gas migration risk). A specific department of the French Geological Survey (BRGM) is in charge of that work since the last exploitant liquidation. In addition, it is in charge of preserving, and increasing value of the technical archives useful to monitoring. As well as prospecting, aftermath coal management is also a scientific topic.*

Mots-clés. – Bassin houiller, Nord – Pas-de-Calais, après-mine, hydrogéologie minière, affaissements miniers.
Key words. – Coal basin, Nord – Pas-de-Calais, aftermath coal, mining hydrogeology, mining subsidence.

I. – INTRODUCTION

La phase d'extraction du charbon à partir du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais s'est achevée le 21 décembre 1990. Environ 2,4 Gt de charbon ont été extraites, déterminant un volume global de vides de l'ordre de 2 km³ dans le sous-sol. Cette estimation a été réalisée par l'un de nous (FM) sur la base de la production totale de charbon (voir Meilliez, 2017, fig. 1). L'exploitation a été menée sous régime privé depuis ses débuts jusqu'en 1945. Les compagnies ont été regroupées en une société unique par l'ordonnance du 13 décembre 1944, et la nationalisation de cette société a été prononcée par la loi du 5 mai 1946, l'Etat devenant actionnaire unique d'une société publique chargée de conduire l'exploitation, Charbonnages de France (CdF). Mais, territorialement, les concessions sont restées en cadre légal autorisant cette société nationale à opérer sur un territoire donné pour l'exploitation par l'intermédiaire de filiales régionales, les Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais (HBNPC) ici. L'arrêt des travaux d'exploitation nécessitait que fut définie une procédure de sortie de concession minière, situation qui ne s'était encore jamais présentée en France. Cette procédure a deux finalités : rendre aux maires des communes

concernées leur droit de police sur les biens fonciers, mobiliers et immobiliers ayant servi à l'exploitation, et mettre en place un dispositif de suivi des conséquences de l'exploitation sur le territoire et dans le gisement. Cette publication a pour objectif d'inventorier avec un regard de géologue les conséquences de l'activité extractive sur le milieu physique et de présenter les moyens mis en œuvre pour en suivre l'évolution et/ou remédier.

II. – LES CONSÉQUENCES SUR LE MILIEU ENVIRONNANT, LEURS TRAITEMENTS ET SUIVIS

Le gisement du Nord – Pas-de-Calais est exclusivement souterrain, ce qui détermine un mode d'exploitation et une typologie de conséquences spécifiques (Meilliez, 2017). L'exploitation a été menée quasiment partout dans le gisement du Nord – Pas-de-Calais selon le mode dit d'*exploitation totale*, c'est-à-dire en extrayant le volume complet de la veine de charbon, avec l'appui temporaire d'un soutènement (Fig. 1). Qu'il soit réalisé manuellement ou mécaniquement, le retrait

(*) BRGM – Direction Risques et Prévention – Département Prévention Sécurité Minière – Unité Territoriale Après Mine Nord, Rue Blériot, 62420 Billy-Montigny ; e-mail : s.lemal@brgm.fr

(**) Université de Lille – Sciences et Technologies, UFR Sciences de la Terre (SN5), UMR 8187 LOG Lille1/CNRS/ULCO ; 59655 Villeneuve d'Ascq cedex ; e-mail : francis.meilliez@univ-lille1.fr

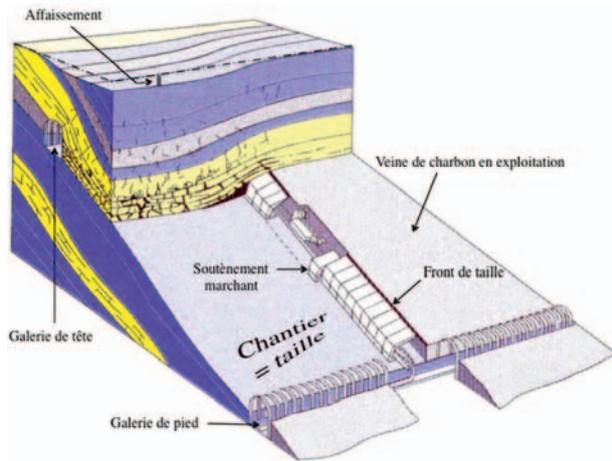


Fig. 1. – Exploitation totale dans une veine souterraine de charbon (Dessin de Chaudy, 1997).

Fig. 1. – Total extraction within an underground coal vein (sketch from Chaudy, 1997).

de cet appui provoquait l'éboulement du toit de la veine. La décompression des couches surmontant ce toit s'est répercutée et dissipée dans tout le volume rocheux jusqu'à atteindre la surface du sol. Par ailleurs, afin de travailler dans les chantiers et galeries, il fallait en permanence pomper l'eau qui s'y accumulait et la rejeter à l'extérieur (exhaure). L'arrêt progressif des chantiers a été mené en réduisant peu à peu l'exhaure, laissant les eaux d'infiltration emplir lentement les interstices résiduels. L'existence de cavités souterraines résiduelles et, aujourd'hui, leur lent ennoïement par les eaux d'infiltration sont les deux phénomènes qui modifient les circulations d'eaux souterraines et, localement, peuvent encore conduire à de faibles ajustements. Depuis 1945 au moins, l'exploitant s'est donné les moyens de mesurer en continu ces modifications. L'exploitant ayant aujourd'hui disparu, cette mission revient à l'Etat qui en a donné la gestion au Département Prévention Sécurité Minière (DPSM) du BRGM au travers de son Unité Territoriale Après Mine Nord (UTAM Nord). Cette mission est détaillée dans les lignes suivantes.

1) Conséquences sur le sol

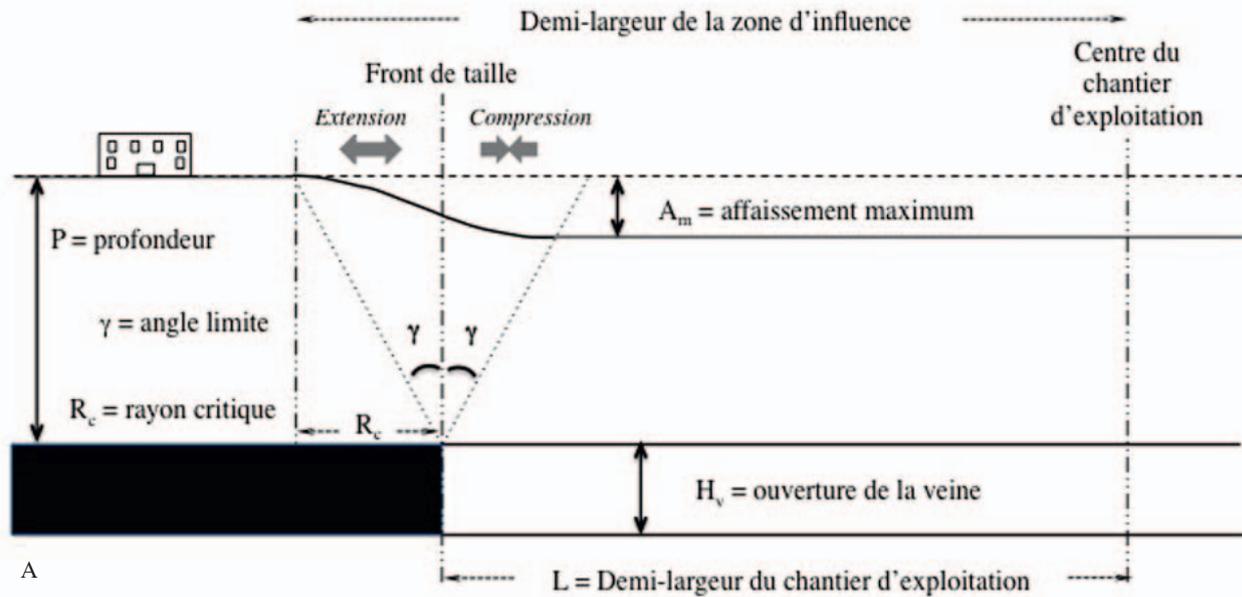
a) Le phénomène d'affaissement minier

L'excavation du sous-sol détermine inéluctablement une cuvette d'affaissement en surface dont la morphologie, la profondeur et le délai d'émergence dépendent de plusieurs paramètres : la profondeur et l'inclinaison du chantier, son *ouverture* (hauteur excavée), et surtout la nature (composition et structure) des terrains qui recouvrent le chantier. Les géologues appellent *massif rocheux* toute formation qui se débite en blocs jointifs, crayeuse, gréseuse, schisteuse, les distinguant des matériaux granulaires de type sable ou argile. Le sous-sol est un massif rocheux qu'on pourrait, en caricaturant, décrire comme un jeu de cubes dont toutes les couches n'ont pas la même composition, ni la même épaisseur, et dont les « cubes » n'ont pas tous la même forme régulière bien que jointifs. L'extraction consiste à retirer les cubes d'une couche, déterminant une *taille* dont le toit est momentanément étayé à l'avancement (Fig. 1). La progression du soutènement marchant déstabilise le toit qui

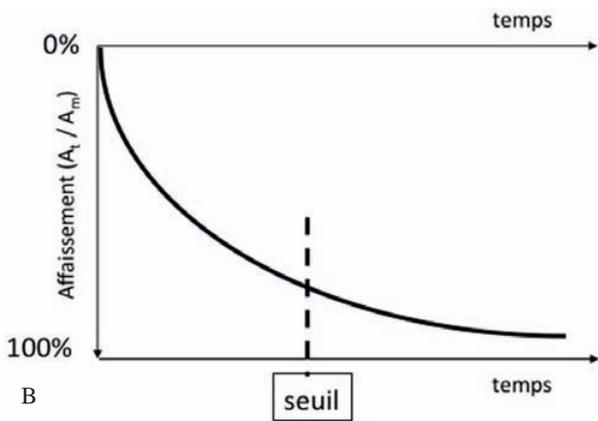
s'éboule, provoquant des ajustements qui se propagent de proche en proche entre blocs voisins jusqu'au sol de surface. Tout se passe comme si les vides se fragmentaient et migraient vers la surface entre les blocs rocheux. Un modèle géométrique simple a conceptualisé les effets d'une exploitation unique et horizontale dans un sous-sol formé d'une couche homogène et continue (Fig. 2A, Knothe, 1957). Ce modèle a alimenté de nombreuses études, sources d'abaques à partir desquels les services de CdF ont examiné les situations de dégâts lorsqu'un affaissement minier était suspecté. Les exploitations du Nord – Pas-de-Calais ont toutes été suffisamment profondes pour ne provoquer que des *affaissements*, où la surface du sol s'accommode sans rupture du sol, à la différence d'autres régions où une exploitation souterraine à faible profondeur a provoqué des *effondrements*. Un effondrement est une cavité qui s'ouvre en surface de façon soudaine et brutale. Un affaissement évolue lentement (de quelques semaines à quelques années) et de façon continue, mais affecte une surface plus grande que le chantier qui en est responsable (Fig. 2A). L'*angle limite* circonscrit en théorie le volume des terrains concernés par ces ajustements ; la ligne que sa trace détermine au sol délimite l'*aire d'influence* du chantier d'extraction. En réalité, la forme conique théorique de la surface limite est modulée par de nombreuses variations locales de la succession des couches (nature, épaisseur, pendage) en un lieu. Elle dépend aussi de l'éventuelle superposition de tailles exploitées. Mais personne n'a encore su confectionner un outil numérique qui prenne en compte toutes ces variables en même temps, de sorte que, par défaut, le seul modèle utilisé pour l'évaluation des dégâts et des indemnités de compensation ne peut être que le modèle de Knothe (Fig. 2A).

La progression du front de taille en profondeur provoque le déplacement d'une onde sigmoïde, laquelle fait basculer temporairement le bâtiment sous lequel elle passe. Si le bâtiment est suffisamment articulé, il s'adapte au passage de l'onde en étant soumis successivement à un régime de contraintes extensives puis compressives (Fig. 2A). De sorte qu'au final, au fond de la cuvette d'affaissement, le bâtiment paraît n'avoir subi qu'une simple translation vers le bas, laquelle peut même ne pas être perçue par les habitants au cours du déplacement. La vitesse de propagation de l'onde et la forme des bâtiments sont aussi des variables importantes. Lorsque l'abattage se faisait à la main, lentement, les dégâts étaient moins abondants qu'avec l'abattage mécanisé. Les premiers affaissements destructeurs de bâtiments ayant été quand même reconnus à partir de 1865 dans le Pas-de-Calais, l'observation de cette fragilité a été un argument supplémentaire, pour les compagnies minières à partir de 1880, pour construire des cités pavillonnaires plutôt que des coronas linéaires (Le Maner, 1995, p. 82).

En théorie, le processus d'affaissement est asymptotique (Fig. 2B) et tend vers une valeur maximale, évidemment inférieure à celle de l'*ouverture* (l'épaisseur) de la veine. Si l'ensemble des terrains sus-jacents fonctionnait comme un piston monobloc, l'affaissement en surface serait égal à l'*ouverture*. Mais les mouvements relatifs entre blocs déterminent un certain *foisonnement*, phénomène que connaît bien toute personne qui a fait un trou dans le sol avec une bêche et tente de le reboucher en tassant les déblais. Autrement dit, la valeur d'un affaissement ne peut jamais atteindre 100% du vide excavé. L'usage a montré que, selon la profondeur et la géologie locale, l'affaissement maximal est compris entre 75% et 90% de l'*ouverture* (Decherf *et al.*, 1980). Le mode *exploitation totale* utilisé dans le Nord – Pas-de-Calais (Fig. 1) était nécessaire car tant dans les terrains houillers que dans les couches supérieures (craie pour l'essentiel), la taille des blocs élémentaires est beaucoup trop petite pour assurer un étalement, même temporaire, à la différence de la Lorraine où la couverture des morts-terrains est très différente. On peut considérer aujourd'hui en Nord – Pas-



A



B

Fig. 2. – Les paramètres d'un affaissement minier : A – Modèle géométrique simple, mais hors échelle, d'un affaissement à partir d'une veine régulière, horizontale, unique, dans un milieu homogène et isotrope (d'après Knothe, 1957) ; zones temporairement soumises à extension (flèches grises divergentes) puis à compression (flèches grises convergentes) ; le fonds de la cuvette d'affaissement est plat ; B – Modèle de l'évolution temporelle d'un affaissement, dans les conditions précédentes. (A_t = évolution de l'affaissement au temps t).

Fig. 2. – Mining subsidence parameters : A – Simple theoretical model, out of scale, of subsidence from a unique, horizontal, plane coal vein within an isotropic and homogeneous environment (from Knothe, 1957) ; temporarily extended zones (grey divergent arrows) then compressed (grey convergent arrows) zones ; bottom of the depression is flat ; B – Evolution model of such a subsiding spot according to time.

de-Calais, que l'essentiel des affaissements est achevé, au-delà du seuil qui, dans le droit français, engage la responsabilité de l'exploitant (Fig. 2B).

b) Conséquence sur la circulation aquifère dans les terrains houillers

La remontée naturelle de l'eau dans les terrains houillers interagit avec les terrains vierges de l'encaissant houiller et avec les éboulis abandonnés derrière le chantier d'abattage, après retrait de l'étalement. L'assèchement nécessaire à l'exploitation minière a fait perdre aux terrains vierges leur eau de capillarité. La situation est comparable à celle d'une éponge racornie abandonnée. A la remise en eau, de même que l'éponge desséchée a besoin d'un peu d'eau pour retrouver ses propriétés d'éponge, de même les terrains vierges ont reconstitué leur stock d'eau capillaire et ont donc gonflé (Bekendam & Pöttgens, 1995). Ce gonflement est très modeste. Par contre, les éboulis qui occupent les chantiers, remis en eau, ont tendance à améliorer leur compaction initiale. Il s'agit d'une loi fondamentale de la géotechnique, bien connue sur tous les chantiers de terrassement. Mais là aussi, le tassement (réduction du volume des vides) est très modeste. De telle sorte que les profils topographiques de contrôle, levés à 0,1 mm près par l'Institut Géographique National, ne mesurent que le bilan des deux phénomènes antagonistes touchant des volumes de terrains

voisins. Les effets superficiels de ce bilan doivent être d'autant moins perceptibles aux habitants que la vitesse d'évolution imposée est celle, très lente de la remontée de l'eau souterraine. En revanche, de subtils changements dans les écoulements de surface (voir paragraphe suivant) pourraient trahir localement des déplacements différentiels au-dessus des transitions entre massifs exploités et inexploités.

2) Conséquences sur les écoulements de surface

Les cuvettes d'affaissement peuvent, ici ou là, avoir fait descendre la surface topographique sous le niveau d'équilibre piézométrique de la nappe phréatique, c'est-à-dire de la nappe locale la plus superficielle. De telle sorte que toute surface destinée à assurer ou recueillir un écoulement (topographie basse, fossé, cours d'eau, canaux, réseaux d'adduction et d'assainissement) peut subir des dommages allant jusqu'à la rupture des réseaux et l'inversion des écoulements naturels favorisant la formation d'un étang au point bas local. Certains sites, laissés en l'état, ont retrouvé un équilibre naturel et sont aujourd'hui équipés pour les loisirs : la Mare à Goriaux (Raimes), l'Étang d'Amaury (Hergnies), le Parc des Glissoires (Avion-Lens), etc. D'autres, et surtout ceux qui affectent les sites urbains, ont fait l'objet de travaux importants de type endiguement et/ou de type station de relevage des eaux (SRE) par les divers exploitants au fil de l'évolution de l'affaissement. Les deux dispositifs ne sont pas

nécessairement associés. L'endiguement consiste à maintenir le profil en long du cours d'eau pour préserver sa linéarité et donc sa capacité d'écoulement d'amont en aval. Le dispositif SRE est un système de pompes qui collecte l'excès d'eau accumulée en un point bas pour la transférer soit dans un plan d'eau, soit dans un cours d'eau voisin (Fig. 3A). Le bassin houiller était équipé d'environ 150 installations SRE avant que la rationalisation réalisée par CdF n'en réduise le nombre à environ 70, dont une cinquantaine est directement gérée par le service de l'UTAM-Nord (Fig. 3B). Il est important de noter que ces installations (digues et SRE) ne font que restituer en aval les eaux qui se présentent à l'amont ; aucun apport d'eau souterraine ne participe à ces flux.

3) Conséquences sur l'ensemble de l'hydraulique souterraine

a) Effets sur l'hydrosystème régional

L'hydrosystème régional comporte quatre aquifères naturels qui sont, de haut en bas (Meilliez *et al.*, 2015) :

- les alluvions locales : restreintes à quelques fonds de vallées, ressource inutile en tant qu'eau potable ;
- les Sables d'Ostricourt (Thanétien, e2b des cartes géologiques) : visible au fond de certaines cuvettes d'affaissement minier (Bois d'Épinois, près de l'échangeur

autoroutier de Libercourt ; base de loisirs du Marais de Carvin ; mare à Goriaux de Raismes, ...) ; ressource inutile en tant qu'eau potable ;

- la craie du Turonien supérieur et du « Sénonien » (Coniacien, Santonien principalement sur le bassin minier : c3c à c4-c5 des cartes géologiques) : il s'agit de la ressource principale de la région ;
- le Calcaire Carbonifère (h1 des cartes géologiques) : cette ressource renouvelée à partir d'affleurements situés en Belgique (Tournaisis), est exploitée pour partie sur le versant nord-est de la Métropole Européenne de Lille. Le Calcaire Carbonifère est situé sous les terrains houillers, au moins tout le long de la bordure nord du gisement.

A ces quatre aquifères s'en ajoute un cinquième, fabriqué par l'Homme : les vides résiduels du bassin houiller. Son volume potentiel est estimé à 550 millions de m³ (CdF, 1999), soit environ le quart de l'ensemble des vides réalisés pour les besoins de l'extraction. Sa caractéristique est d'être en cours de remplissage.

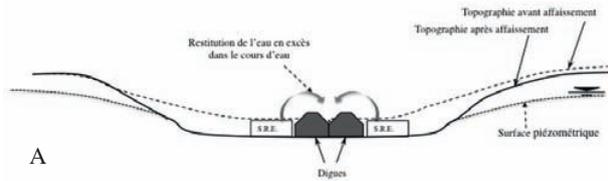


Fig. 3. – Gestion des eaux superficielles : A – Coupe transversale schématique, hors échelle, d'une vallée affectée par un affaissement minier. Le cours d'eau occupant le fond de vallée a été rehaussé par l'exploitant au fur et à mesure des besoins. Les fossés de décharge latéraux sont pompés via les SRE (système de relevage des eaux) de temps à autre pour restituer au cours d'eau les volumes d'eau en excès. B – Carte du bassin houiller et des sites équipés de SRE (document BRGM).

Fig. 3. – Superficial water flow management : A – Out of scale, transversal cross-section through a valley that is subsiding over a coal-mine. The bottom river has been progressively raised by the miners as up as necessary. Specific pumps (SRE) within the lateral water-ditches provide excess water removing. B – Map of the coal basin with SRE-pumps (BRGM document).



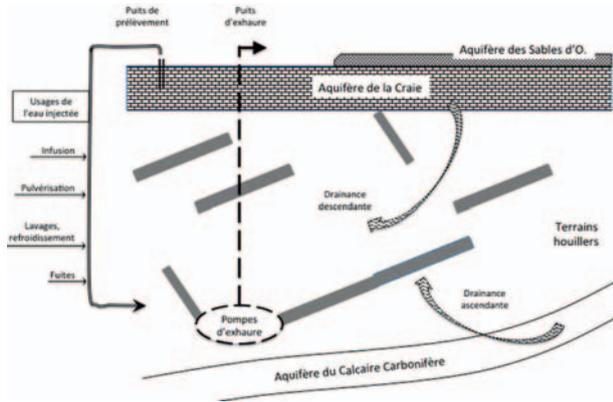


Fig. 4 – Schéma identifiant le circuit de l'eau injectée puis exhaurée durant la phase d'exploitation.

Fig. 4 – Underground water circulations : from downwards injection to upwards pumping during exploitation phase.

Ces aquifères sont isolés les uns des autres par des niveaux peu perméables, plus ou moins continus. Toutefois de nombreuses connexions peuvent les relier : drainance descendante naturelle par les failles et systèmes naturels de fractures, et drainance ascendante par percolation depuis le Calcaire Carbonifère. S'ajoutent aussi les connexions d'origine humaine que sont les puits, forages, et fractures dont l'ouverture a été induite par la diffusion des affaissements vers le haut (voir ci-dessus). Les besoins de l'exploitation ont aussi nécessité le prélèvement d'eau en provenance de l'aquifère de la craie pour l'essentiel, afin d'être injectée dans les chantiers, entre autres pour abaisser le taux de poussière à l'abattage. Le fonctionnement de l'ensemble de l'hydrosystème minier a été schématisé (Fig. 4) afin d'estimer les volumes en jeu. Durant la période d'exploitation sous régime public, les volumes d'eau accumulés dans les excavations, puis exhaurés (= rejetés en surface), ont été enregistrés quotidiennement, fosse par fosse. Durant la période d'exploitation privée, ce travail était réalisé

au niveau de chaque concession. L'abattage des stots (terrain inexploité séparant les concessions ou entourant un puits de mine) après la nationalisation a établi des connexions maîtrisées entre chantiers et a permis d'optimiser, peu à peu, le réseau d'exhaure. Au cours du bilan hydraulique réalisé (CdF, 1999), le report sur diagramme de la production de charbon et du volume exhauré, siège par siège, concession par concession, et finalement pour l'ensemble du bassin houiller de 1947 à 1989, a révélé une relation linéaire affine : la production d'une tonne de charbon induisait l'exhaure d'une tonne d'eau. L'ordonnée à l'origine de cette fonction représente donc une estimation du débit de fuite, c'est-à-dire du débit intrinsèque de remplissage des vides résiduels, à savoir de l'ordre de 10 000 m³/an. Le rapport du volume des vides résiduels au débit quotidien permet ainsi d'évaluer la durée du remplissage des vides causés dans les terrains houillers, ce qui envoie au début du XXIV^e siècle, c'est-à-dire au-delà de 2300 (CdF, 1999). Au final, outre l'individualisation d'un nouvel aquifère, morcelé, l'impact peu visible de l'activité extractrice aura été de modifier les circulations hydrauliques souterraines d'une façon qui reste à déterminer au cas par cas en fonction des ajustements. En conséquence, un autre impact aura été d'affaiblir localement les caractéristiques mécaniques des massifs rocheux concernés.

b) Modélisation de la remontée de l'eau

Dans le cadre des obligations réglementaires actualisées par la réforme du Code Minier en 1994, CdF a entrepris une étude comprehensive des phénomènes en jeu afin d'élaborer un outil prédictif des conséquences qu'entraînera l'ennoiement naturel des vides créés par l'activité extractrice. Cette étude, dite par la suite *Etude 3H*, menée en concertation avec toutes les parties prenantes (CdF, 1999), a servi de base pour les négociations de sortie de concessions minières. Le maire de chaque commune concernée s'est vu ensuite remettre un exemplaire de cette étude, accompagnant les informations propres à son territoire. La variable déterminante est la vitesse de remontée de l'eau souterraine, que l'on qualifiera de *niveau piézométrique du Houiller*. Les deux questions prioritaires étaient : à quel cote se stabilisera ce niveau ? et quand ? Les deux conséquences majeures de cette remontée sont : quels ajustements locaux du sous-sol et du sol résulteront de la remise en eau des terrains

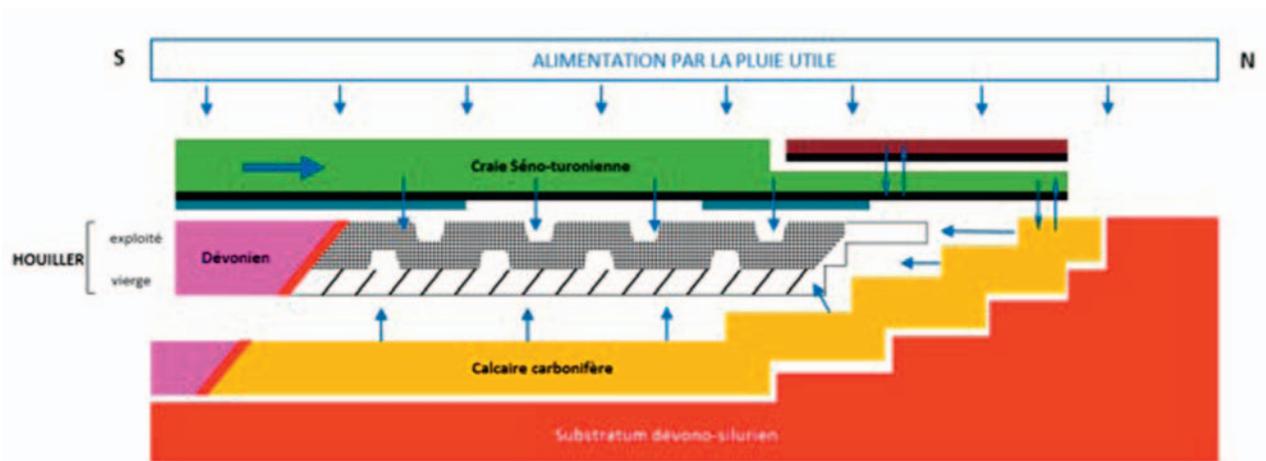


Fig. 5 – Modèle 3H de la composition et de la structure géologique du bassin houiller et des terrains qui l'entourent. La variable de codage était la perméabilité de chaque type de terrain. Le maillage du modèle était plus fin et serré dans la partie supérieure du gisement et dans les morts-terrains.

Fig. 5 – 3H model of composition and structure of the coal-basin with surroundings formations. Coding of lithology is based on permeability values. Model network is denser within shallow formations than at depth.

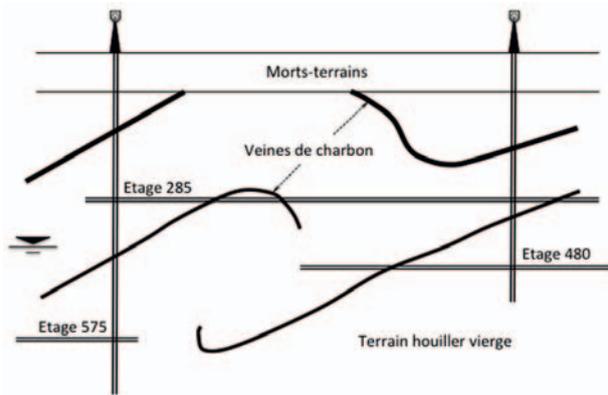


Fig. 6 – Schéma illustrant le phénomène de remontée de l'eau d'infiltration dans le Houiller : pour inonder les chantiers desservis par l'étage 480, le niveau piézométrique doit remonter jusqu'à l'étage 285. La remontée de l'eau marque donc des temps de pause apparente.

Fig. 6 – *Watertable uprising within the coal-bearing formations : before flooding the 480 works level, the watertable must reach the 285 level. Thence watertable uprising seems to pause sometimes.*

desséchés depuis longtemps ? Qu'advient-il de la bulle de gaz de houille résiduelle qui sera progressivement comprimée par le niveau piézométrique du Houiller ?

Afin de répondre à ces questions il fallait définir les conditions initiales de la modélisation. Les niveaux piézométriques choisis, tant dans le Houiller que dans la Craie, furent ceux atteints en 1972, à partir du moment où la fermeture progressive avec abandon de chantiers a commencé. La construction du modèle hydraulique a été calée sur la reconstitution de la remontée des eaux entre 1972 et 1998, année de l'*Etude 3H*. Un modèle géologique (lithologique et structural) a été défini, la perméabilité étant la variable de différenciation lithologique pour ce type d'étude (Fig. 5).

La rationalisation mise en œuvre à partir de 1945 a mis en connexion toutes les concessions, à l'exception des deux extrémités, est et ouest. Par conséquent le remplissage peut être suivi au travers d'un nombre limité de sites. Cinq doublets piézométriques (Houiller, Craie) ont été réalisés pour compléter le nombre de sites disponibles et renseigner les conditions aux limites. Toutefois la géométrie du système est irrégulière : il ne faut pas imaginer une cavité unique se remplissant comme un récipient, mais plutôt de nombreuses cavités relativement petites, séparées par des terrains peu à très peu perméables, mais reliées par l'entrelacs des galeries et puits ayant servi à l'extraction (Fig. 6). De sorte que le remplissage ne progresse pas de façon linéaire mais connaît des temps de pause apparente tandis que l'eau se déverse d'un chantier dans l'autre via les galeries.

Les principaux résultats de cette *Etude 3H* sont les suivants :

1. Le niveau piézométrique du Houiller n'atteindra nulle part la surface du sol ; il se stabilisera dans la Craie après avoir saturé complètement les terrains houillers.
2. En théorie, cette stabilisation ultime n'interviendra pas avant le début du XXIV^e siècle, toutes choses égales par ailleurs. Mais d'ores et déjà on constate que le niveau observé est inférieur au niveau prédit.

3. Les ajustements mécaniques locaux dans les terrains se font très lentement, gouvernés par la répartition des cavités et la vitesse de remontée de l'eau. Leur intensité en surface ne peut être qu'une fraction de l'espace résiduel après la première phase d'affaissement. Une prévision précise exigerait un coût de modélisation certainement très élevé, au cas par cas. Le moyen de contrôle choisi consiste en profils topographiques très précis, ciblés notamment sur les derniers sites excavés et avec une forte densité de population.

4. L'envoie total des vides houillers entraînera à terme la disparition complète de la bulle de gaz résiduelle (voir § 4).

En 2005, après 6 ans de recueil de données mesurées, un recalage du modèle a permis de constater un retard dans les prédictions de 1999, conséquence de nombreuses approximations réalisées pendant la constitution du modèle. Depuis l'outil recalé est resté en l'état, tout en poursuivant des campagnes régulières de mesures.

4) Le gaz de mine

Les conditions de libération du gaz de mine (ou gaz de houille) sont directement liées à l'exploitation minière. Dès le premier creusement d'une cavité dans le massif rocheux, la décompression relative qui affecte les roches, dont le charbon, détermine la libération du gaz, composé d'oxydes de carbone (simple et double), de molécules légères d'hydrocarbures (méthane, éthane, ...) qui se désorbent du charbon de façon continue et inévitable. Il s'agit du grisou. Aussi des systèmes d'aéragés ont-ils été dimensionnés au regard des chantiers à protéger afin d'éviter l'accumulation de ce grisou dans les chantiers d'exploitation et de provoquer des explosions souvent meurtrières. Le mélange de ce gaz avec l'oxygène injecté par l'aéragé pouvait déclencher une explosion en fonction de la proportion des constituants. A l'arrêt de l'exploitation, tous les puits de mine identifiés par CdF ont été mis en sécurité soit par remblaiement, soit par bouchons cimentés en tête de puits. L'arrêt de l'aéragé a coupé l'arrivée d'oxygène. L'atmosphère des cavités s'est donc peu à peu saturée en gaz de mine. La remontée de l'eau comprime ainsi le gaz présent dans les vides miniers. Et eu égard à l'état très hétérogène des terrains sus-jacents, il est impossible de garantir leur imperméabilité à la migration du gaz de mine au travers de pores et fissures d'origines diverses. CdF l'a compris très tôt et a anticipé le risque de migration de gaz au travers des terrains sus-jacents et vers la surface via les puits ou tout autre fissure, en souhaitant abaisser la pression du réservoir souterrain. L'exploitation de ce gaz a donc pris l'aspect d'un captage actif via un processus de pompage et une valorisation par réinjection dans le réseau public gazier, dans le but de prévenir la migration du gaz de mine au travers des terrains et de faciliter la mise en sécurité de l'enjeu de surface. Concrétisée par Méthamine, cette valorisation est actuellement poursuivie par une société privée, Gazonor qui, participe, sans que ce soit son but premier à la mise en sécurité du réservoir. Compte tenu de l'étendue du bassin minier, de la continuité des chantiers miniers, de leurs interconnexions et du phénomène actif de désorption, le stockage du gaz de mine au sein du réservoir est effectif. Le captage actif sera possible tant que l'envoie du réservoir permettra une production. Mais il arrivera un moment où, la topographie du toit des terrains houillers étant mollement ondulée, quelques bulles minces mais étendues seront isolées les unes des autres et mises en pression par la remontée de l'eau qui elle-même se mettra en charge. Pour éviter le risque de migration au travers des terrains lors de l'ultime mise en pression du gaz par l'eau, CdF a réalisé des exutoires de gaz de mine qui ont

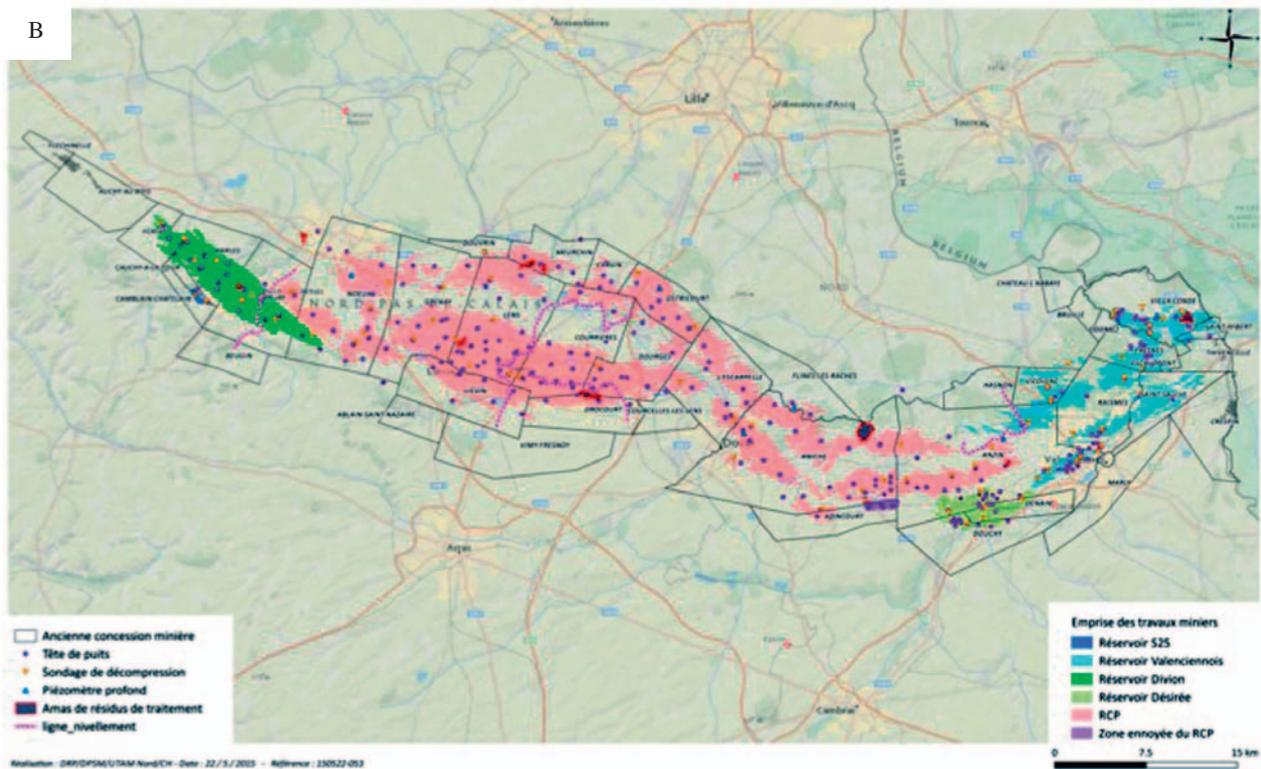
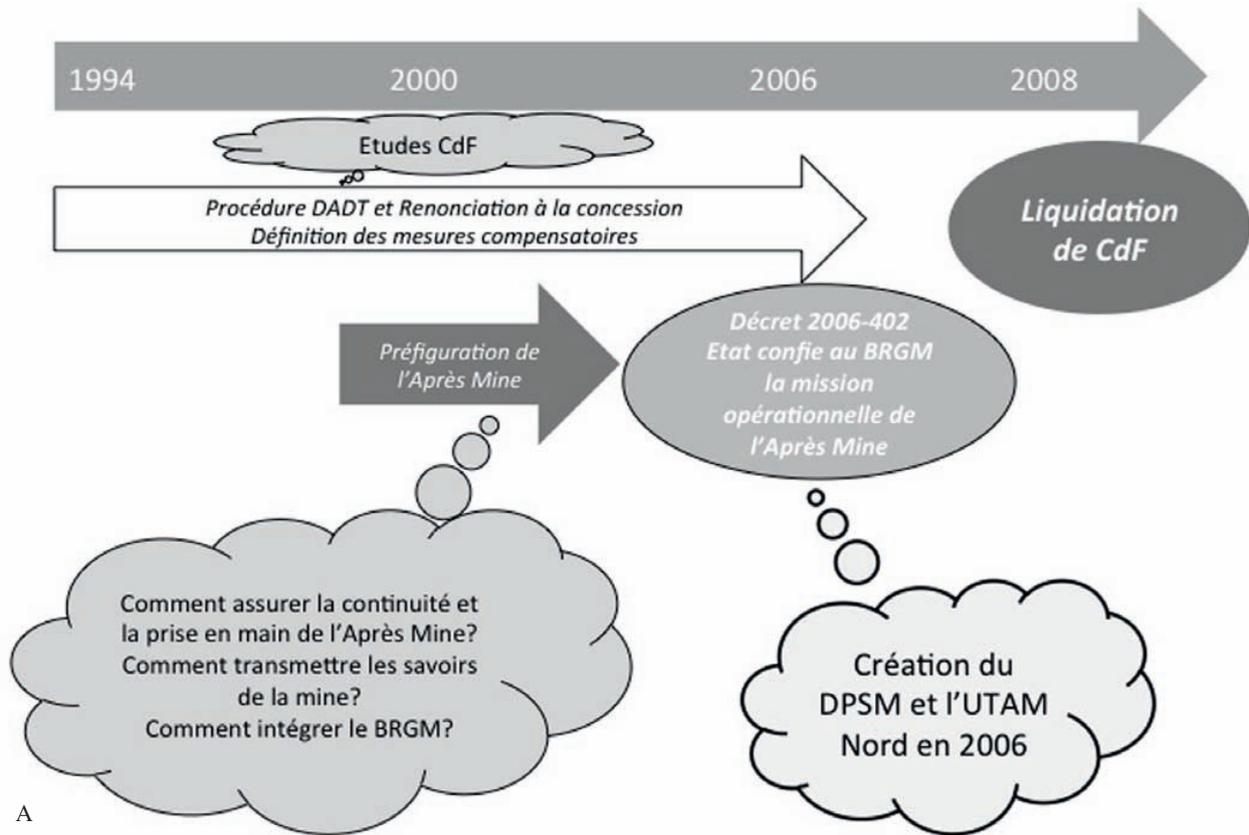


Fig. 7 – L'émergence de l'UTAM-Nord et ses missions : A – Enchaînement des processus aboutissant à la création du service ; B - Carte synthétique du bassin houiller et de quelques dispositifs de gestion des mouvements de sol, des eaux souterraines, du gaz.

Fig. 7 – UTAM-Nord creation and its missions : A – Chain of processes that made UTAM-Nord to be constituted ; B – Synthetical map of the coal basin with monitoring of subsidence, underground water and gas processes.

pour vocation de mettre en relation les points hauts du réservoir avec l'atmosphère. Cet écoulement passif n'est permis que par différence de pression entre la pression interne au réservoir et la pression atmosphérique et permet d'évacuer le gaz de mine mis en pression susceptible d'être piégé par la remontée de l'eau. Ce risque « migration » gaz est un risque qui aura totalement disparu lorsque l'ensemble des vides miniers sera inondé, soit d'ici environ un siècle. Compte tenu de la cinétique de la remontée des eaux, il est évident que le contrôle régulier de ces installations de sécurité est primordial.

III. – CONCLUSION : UTAM-NORD, UN SERVICE NECESSAIRE

De 1994 à 2006, CdF a mis en œuvre pour chaque concession les procédures successives de demande d'arrêt de travaux (DADT) puis de sortie de concession (Fig. 7), définissant dans le cadre de ses obligations légales, des mesures compensatoires que l'on peut résumer ainsi :

- Contrôle et gestion des ouvrages miniers (terrils, puits, exutoires de gaz de mine, piézomètres) ;
- Optimisation du réseau des stations de relevage des eaux et surveillance d'un système d'endiguement ;
- Suivi de la qualité des eaux souterraines au droit des anciens sites miniers ;
- Suivi de la remontée des eaux dans le Houiller ;
- Suivi des mouvements de terrain résiduels ;
- Gestion de la migration du gaz souterrain.

La liquidation de l'EPIC CdF (Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial : Charbonnages de France) impliquait la mise en place d'un service dévolu au suivi de ces mesures compensatoires, le Département Prévention Sécurité Minière (DPSM), rattaché au BRGM (Fig. 7).

Toutefois le rôle du DPSM s'étend aussi à la préservation et à la valorisation des archives techniques intermédiaires laissées par CdF. Elles sont nécessaires à la gestion des conséquences minières et sont à conserver en fonction des phénoménologies à maîtriser. Elles comprennent :

Des archives foncières liées aux actes de cession de CdF : ces archives sont donc à garder tant que le BRGM sera gestionnaire des ouvrages pour le compte de l'Etat.

Des archives d'exploitation qui incluent à la fois ce qui est relatif aux travaux d'extraction mais aussi aux ouvrages

miniers : ces archives sont à entretenir au moins jusqu'à l'envoyage des terrains houillers (1 siècle au minimum : voir §4), et certainement jusqu'à la stabilisation hydrodynamique souterraine (environ 3 siècles). Les plans miniers très détaillés, et les relevés géologiques sont très utiles pour la reconstitution des structures géologiques (Meilliez, 2017).

Des archives ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement) : ces archives sont à conserver jusqu'à la fin du suivi de la pollution des eaux souterraines.

Des archives IHS (installations hydrauliques de sécurité : les SRE et les systèmes d'endiguement) : ces archives sont à conserver *ad vitam aeternam* compte tenu de la sensibilité des installations.

L'UTAM-Nord gère ainsi aujourd'hui environ 3 km d'archives minières régionales produites durant la phase d'exploitation, et nécessaires à la gestion des risques. Le maintien de ces archives a pour mission, outre les questions de gestion des risques, de ne pas perdre le témoignage du savoir-faire. Il est vrai que ces archives sont, pour l'instant au moins, peu étudiées. Elles participent à la mémoire de l'exploitation minière. Ce type d'archives est à la fois indispensable pour la mise en œuvre des mesures visant à la protection des biens et des personnes, mais représentent également un fonds scientifique et culturel propre à ce bassin minier. Il est donc nécessaire de faire en sorte que les collectivités territoriales, comme les citoyens, sachent de quoi elles traitent et puissent être en mesure de les aborder. La lecture de tels documents nécessite toujours de faire l'effort de se remettre dans le contexte de la période de rédaction de tels documents plutôt que de juger de leur utilité par rapport à une connaissance d'aujourd'hui. Les préoccupations des exploitants des premiers puits, en n'importe quel endroit du gisement, devaient être très éloignées des impacts que nous avons à gérer aujourd'hui. Comment s'y prend-on donc, aujourd'hui, pour laisser à nos descendants dans trois siècles les éléments qui leur permettront de comprendre le fonctionnement du territoire qu'ils habitent ? La gestion de l'Après-Mine est aussi une démarche scientifique, au même titre que la prospection d'un nouveau gisement.

Remerciements. — Les auteurs remercient très chaleureusement les relecteurs, Gilles Vigneron et Hervé Coulon. Ils remercient aussi la direction du BRGM d'avoir autorisé la rédaction de cet article. L'équilibre du texte doit beaucoup à de nombreuses discussions avec les représentants de Charbonnages de France, de la DRIRE (avant naissance de la DREAL), d'ACOM-France et ACM-NPdc, du Conseil Régional NPdc, de la Mission Bassin Minier, et du Centre Historique Minier, pour la période 1995 – 2006.

BIBLIOGRAPHIE

BEKENDAM R.F. & PÖTTGENS J.J. (1995). – Ground movements over the coal mines of southern Limburg, The Netherlands, and their relation to rising mine waters. In : Proceedings of the fifth international symposium on Land subsidence (La Hague). *IAHS Publication*, **234** : 3-12.

CdF (Charbonnages de France) (1999). – *Etude hydraulique, hydrogéologique et hydrochimique du bassin minier*

charbonnier du Nord – Pas-de-Calais. Document de synthèse : 57 p. et 15 annexes ; document complet : 138 p. et 16 annexes.

CHAUDY C. (1997). – *Méthodologie de reconstitution 3D de la structure géologique du Bassin Minier Nord / Pas-de-Calais*. Mém. Dipl. Sup. Recherche, Université des Sc. et Techn. de Lille, 94 p. [inédit]

- DECHERF J., VANDEWALLE A. & CARON A. (1980). – Le problème des affaissements miniers dans le Nord – Pas-de-Calais. *Revue de l'Industrie Minérale*, **65** : 295-313.
- KNOTHE S. (1957). – Observations of surface movements under influence of mining and their theoretical interpretation. *In* : Proceedings of the European Congress on ground movement (University of Leeds) : 210-218.
- LE MANER Y. (1995). – *Du coron à la cité*. Coll. Mémoires de Gaillette, Centre Historique Minier de Lewarde, n° **1** : 120 p.
- MEILLIEZ F. (2017). – Héritages de l'exploitation industrielle et scientifique du gisement houiller du Nord et du Pas-de-Calais (Carbonifère Supérieur), une longue histoire (XVII^e-XXIV^e siècles). *Annales de la Société Géologique du Nord*, 2e série, **24** : 17-32.
- MEILLIEZ F., PRYGIEL J. & COULON H. (2015). – Etat des eaux et protection de la ressource dans le Bassin Artois – Picardie. *Annales de la Société Géologique du Nord*, 2e série, **22** : 11-14.

UN LABORATOIRE EN VRAIE GRANDEUR DE L'APRES-MINE : QUELS PAYSAGES A VENIR ?

A real laboratory for an aftermath coal basin : what will be future landscapes ?

par Gaëlle NEVEU (*)

Mots-clés. – Bassin minier, Nord – Pas-de-Calais, après-mine, paysage minier, urbanisme.
Key words. – Coal basin, Nord – Pas-de-Calais, aftermath coal, coal field landscape, urbanism.

Vingt-cinq ans après la fin de l'exploitation minière, de nombreuses traces du passé industriel sont encore lisibles dans le paysage : l'environnement rural, agricole et verdoyant antérieur est toujours présent, mais a subi de profondes modifications. Depuis 2012 le bassin minier est inscrit sur la liste du patrimoine mondial de l'Unesco au titre de « paysage culturel évolutif vivant ». Fin 2016, la chaîne des terrils l'a été parmi les sites, perspectives et paysages d'intérêt, au titre de la loi 1930. Ces classements traduisent de façon réglementaire une reconnaissance internationale de la singularité des paysages (Apourceau-Poly & Bertram, 2016). L'enjeu aujourd'hui est de protéger le patrimoine bâti, néo-naturel et les paysages miniers caractérisés par la silhouette monumentale des terrils. L'évolution du territoire doit être maîtrisée pour ne pas fermer la vue par des constructions nouvelles (logements, ZAC, panneaux publicitaires, etc.). Des dynamiques végétales sont également apparues avec un développement spontané de la végétation

depuis l'arrêt de l'exploitation. La reconquête de la nature peut parfois être une bonne chose, mais sa maîtrise est nécessaire pour ne pas contribuer à la banalisation des paysages miniers. Le développement éolien, enjeu d'actualité de développement des énergies renouvelables, doit aussi être surveillé. L'*Etude pour la qualification et la protection des paysages miniers remarquables* (URBICAND, 2015) a défini des recommandations pour protéger et mettre en valeur les paysages miniers, à destination des différents acteurs impliqués dans l'aménagement du territoire. Deux grandes orientations ont été formulées : conserver la présence et la lisibilité du patrimoine minier et réinvestir, valoriser et mettre en lien les éléments constitutifs de l'armature minière. Le CAUE 62 accompagne la Mission Bassin Minier dans la conception des actions à mener : sensibilisation des collectivités, réflexion sur les principes susceptibles d'aider à préserver ce qui doit l'être sans obérer le redéploiement nécessaire d'activités économiques.

BIBLIOGRAPHIE

APOURCEAU-POLY C. & BERTRAM C. (2016). — Les paysages du Bassin Minier Nord – Pas de Calais. Dynamiques d'évolution et enjeux de protection d'un paysage culturel évolutif vivant inscrit au Patrimoine mondial de l'UNESCO. *Mission Bassin Minier - Les cahiers techniques de la Mission Bassin Minier*, Oignies : 70 p.

URBICAND, Atelier de l'Isthme (2015). — *Etude pour la qualification et la protection des paysages remarquables*. Mission Bassin Minier : 133 p.

(*) Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement du Pas-de-Calais, 43 rue d'Amiens, 62018 – Arras cedex 9 ; gneveu@caue62.org

LOST AND FOUND *MACHAERACANTHUS* SPINES FROM THE LOWER DEVONIAN OF WESTERN FRANCE

Epines de Machaeracanthus (spécimens perdus et nouveaux) *du Dévonien inférieur de l'ouest de la France*

by Carole BURROW (*) & Damien GENDRY (**)

Abstract. – Despite *Machaeracanthus* spines being first recorded and described from western France in the mid-nineteenth century, since then they have only rarely been documented from this region. Here we describe specimens from several localities of Pragian age, in particular those from Saint-Germain-le-Fouilloux which were first figured by Bézier in the early twentieth century. Although the spines are relatively rare, we have recognized two morphotypes, one with a characteristic feature of robust ribbing on the convex edged keel and the other with the same type of ribbing on the concave edged wing. As this feature distinguishes them from other *Machaeracanthus* species, we erect a new species *Machaeracanthus bezieri* nov. sp., which we have also identified in the Pragian of the Czech Republic and Germany.

Résumé. – *Bien que des épines de Machaeracanthus ait été mentionnées et décrites dans l'ouest de la France au milieu du XIXe siècle, elles n'ont été que rarement documentées depuis dans cette région. Nous décrivons ici des spécimens de plusieurs localités du Praguien, en particulier de Saint-Germain-le-Fouilloux, qui ont été figurés pour la première fois par Bézier au début du XXe siècle. Bien que les épines soient relativement rares, nous avons reconnu deux morphotypes : le premier est caractérisé par une nervure robuste sur la quille externe convexe, le second possède le même type de nervures mais sur l'aile concave. Comme cette caractéristique les distingue des autres espèces de Machaeracanthus, nous érigeons une nouvelle espèce Machaeracanthus bezieri nov. sp., que nous avons également identifiée dans le Praguien de République tchèque et d'Allemagne.*

Mots-clés. – Devonian, Pragian, *Machaeracanthus*, *Acanthodii*, Armorican Massif.
Key words. – *Dévonien, Praguien, Machaeracanthus, Acanthodii, Massif armoricain.*

<http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:B1C6D861-5425-4F6B-94FB-B210A7E02F7C>

I. — INTRODUCTION

Vertebrates are very rare in the Lower Devonian of western France. The first specimens to be recorded from mid-Palaeozoic deposits in the region were *Machaeracanthus* spines, assigned to two species and described briefly by Rouault (1858). According to Burrow *et al.* (2010, p. 59): “*Machaerius archiaci* Rouault, 1858 and *Machaerius larteti* Rouault, 1858 were erected the year after Newberry’s first description, for small fragments of spines from the Lower Devonian of northwestern France. Unfortunately, these were poorly described, not figured, and have been lost, so Zidek (1981) in his review of *Machaeracanthus* spp. listed them as *nomina vana*.” In fact the fragments, based on their width (Bézier, 1913, table), were from quite large spines. Their provenance is unclear, as Rouault (1858) only recorded that they were from western France. According to a letter written by M. de Verneuil to M. d’Archiac in 1858 (Anonymous, 1858), Rouault’s locality was reported to be Saint-Léonard in north

Sarthe department (= Saint-Léonard-des-Bois). However, on investigation (Tromelin in Guillier, 1971) the only rocks found in this area were Ordovician. Tromelin in Guillier (1871) and Tromelin & Lebesconte (1876) recorded that Rouault’s specimens were from Les Courtoisnières, near Brûlon, Sarthe, but gave no proof for this assertion. All other *Machaeracanthus* spines reported from western France (Mayenne, Maine-et-Loire, Manche, Sarthe departments; Fig. 1A) have been considered to belong to *Machaeracanthus bohemicus* (Barrande, 1872), or *Machaeracanthus cf. bohemicus* (Bézier, 1913). (Bézier [1913] listed the genus as *Ctenacanthus* as originally designated by Barrande [1872], not *Machaeracanthus*, even though Kayser [1883] had long since reassigned the species to the latter genus). The description given by Rouault (1858) for his genus *Machaerius* comprises generic characters of *Machaeracanthus* Newberry, 1857 and specific characters of *M. bohemicus*. Unfortunately the spines described by Rouault (1858) have still not been found.

(*) Geosciences Programme, Queensland Museum, 122 Gerler Rd, Hendra 4011 Queensland, Australia; carole.burrow@gmail.com

(**) Université de Rennes, Musée de Géologie, Campus de Beaulieu - Bâtiment 5, 263 Avenue du Général Leclerc, CS 74205, 35042 Rennes cedex, France; gendry_damien@yahoo.fr

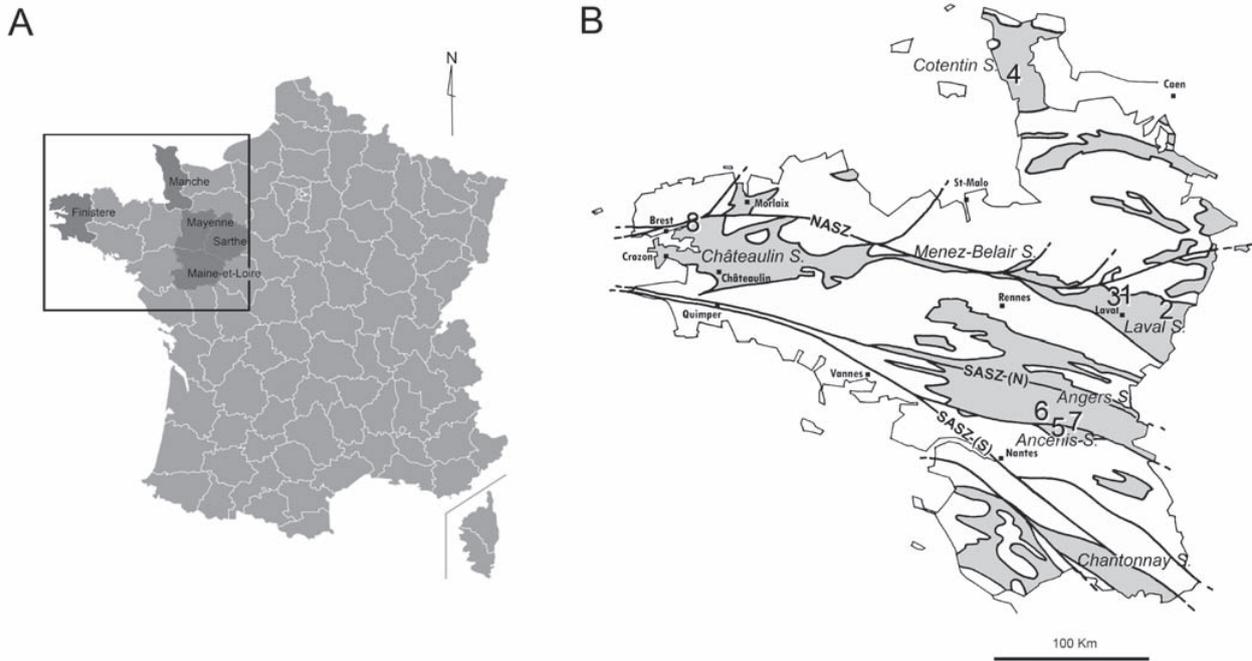


Fig. 1. — Map of localities. **A**, France showing departments where *Machaeracanthus* spines have been reported. **B**, Palaeozoic synclinoria of the Massif Armoricain (after Wright *et al.*, 2016, fig. 1B: S, synclinorium [shaded grey]; NASZ = North Armoricain Shear Zone; SASZ = South Armoricain Shear Zone), showing *Machaeracanthus* localities: 1, La Roussière quarry, Saint-Germain-le-Fouilloux, Mayenne; 2, Les Courtoisières quarry, Brûlon, Sarthe; 3, St-Roch, Changé, Mayenne; 4, Néhou, Manche; 5, Chaudefonds, Maine-et-Loire; 6, Vern-d’Anjou, Maine-et-Loire; 7, Saint-Barthélemy-d’Anjou, Maine-et-Loire; 8, Plougastel-Daoulas, Pointe de l’Armorique, Finistère.

Fig. 1. — Localisation des gisements. **A**, Départements français ayant livré des épines de *Machaeracanthus*. **B**, Synclinaux paléozoïques du Massif Armoricain (d’après Wright *et al.*, 2016, fig. 1B: S, synclinorium [gris foncé]; NASZ = Zone de cisaillement nord-armoricain; SASZ = Zone de cisaillement sud-armoricain), avec indications des gisements: 1, carrière de La Roussière, Saint-Germain-le-Fouilloux, Mayenne; 2, carrière Les Courtoisières, Brûlon, Sarthe; 3, St-Roch, Changé, Mayenne; 4, Néhou, Manche; 5, Chaudefonds, Maine-et-Loire; 6, Vern-d’Anjou, Maine-et-Loire; 7, Saint-Barthélemy-d’Anjou, Maine-et-Loire; 8, Plougastel-Daoulas, Pointe de l’Armorique, Finistère.

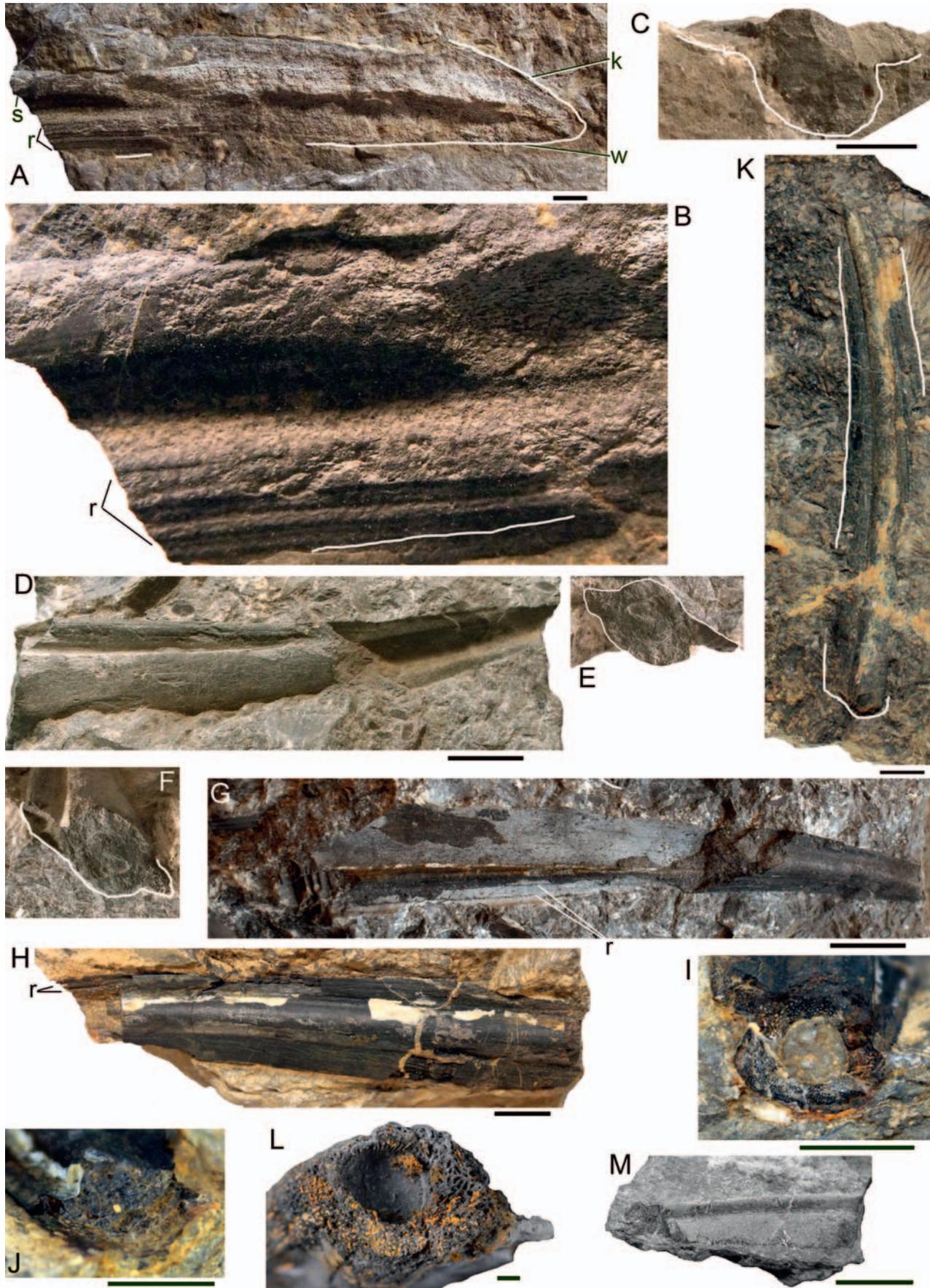
As well as spines, scales assigned to *Machaeracanthus* sp. have also been recorded in western France. Goujet (1976, 1980) described and figured scales from the Saint-Cénére and l’Armorique formations respectively. Botella *et al.* (2012) referred the scales from the Saint-Cénére Formation that Goujet (1976) originally assigned to *Machaeracanthus* sp. to a new species *M. goujeti*, based on their similarity in morphology and

stratigraphic occurrence (Lochkovian-Pragian) with the type material of this species from Celtiberia, Spain.

Bézier (1913) published the only detailed description, including photographs, of two *Machaeracanthus* spines from western France. His specimens, collected at Saint-Germain-le-Fouilloux and originally described as “*Ctenacanthus* cf. *bohemicus*”, were until recently, like those of Rouault,

Fig. 2. — *Machaeracanthus bezieri* nov. sp. from La Roussière quarry, Saint-Germain-le-Fouilloux (A–J, ?K), and *Machaeracanthus* sp. (L, M) from Changé, Mayenne and Angers, Maine-et-Loire respectively. **A–C**, holotype spine IGR 132670 (collected by de Vaucenay, figured by Bézier, 1913), morphotype one: **A**, whole specimen, lacking proximal end; **B**, magnified view of ridged wing; **C**, end-on view of natural cross section (outlined). **D–F**, paratype spine IGR 132671a, part (collected in 1914), morphotype one: **D**, whole specimen, lacking proximal end; **E**, end-on view of natural cross section (outlined), exposed side down; **F**, end-on view of natural cross section, exposed side up. **G**, paratype IGR 132671b, counterpart. **H–J**, paratype spine ML-PAL-03006, morphotype two, lacking distal and proximal ends (Oehlert Coll.): **H**, whole specimen, proximal to right; **I**, proximal end view; **J**, distal end view. **K**, spine ML-PAL-29822, morphotype two, nearly whole length preserved, proximal end to top, distal part of ridged keel exposed. **L**, spine fragment IGR 144560, from Changé, showing internal surface of pulp cavity. **M**, spine fragment UCO-71929 from Saint-Barthélémy-d’Anjou. Abbreviations: k, keel; r, ridge; s, shaft; w, wing. Scale bar = 1 cm in A–K, M, 1 mm in L.

Fig. 2. — *Machaeracanthus bezieri* nov. sp. de la carrière de La Roussière, Saint-Germain-le-Fouilloux (A–J, ?K) et *Machaeracanthus* sp., respectivement, de Changé en Mayenne et d’Angers dans le Maine-et-Loire (L, M). **A–C**, holotype IGR 132670, épine collectée par Vaucenay, figurée par Bézier (1913), morphotype 1: **A**, spécimen subcomplet, sans la terminaison proximale; **B**, zoom sur les sillons du bord concave interne (« ridged wing »); **C**, coupe naturelle avec tracé du contour. **D–F**, épine IGR 132671a, paratype (collecté en 1914), morphotype 1: **D**, spécimen subcomplet, sans la terminaison proximale; **E**, coupe naturelle avec tracé du contour de l’extrémité proximale, spécimen renversé. **F**, coupe naturelle de l’extrémité distale, à l’endroit. **G**, IGR 132671b, paratype, contrepartie. **H–J**, paratype ML-PAL-03006, terminaisons proximale et distale manquantes (coll. Oehlert), morphotype 2: **H**, spécimen complet, extrémité proximale à droite; **I**, vue de l’extrémité proximale; **J**, vue de l’extrémité distale. **K**, ML-PAL-29822, longueur presque entièrement préservée, extrémité proximale en haut, partie distale avec quille portant des sillons visibles, morphotype 2. **L**, fragment d’épine de Changé IGR 144560, montrant la surface interne de la cavité pulpaire. **M**, UCO-71929, fragment d’épine de Saint-Barthélémy-d’Anjou. Abréviations: k, expansion latérale externe (quille); r, ride; s, « tige » centrale; w, expansion latérale interne. Barre d’échelle = 1 cm pour A–K, M, 1 mm pour L.



considered to be lost. DG (technical curator in the Rennes University Geological Museum collections) located the specimens in his institute's collections in 2015: two were donated by G. de Vaucenay (IGR 132670 and IGR 132671), part and counterpart, and there is another spine (IGR 10869) from the Musée de Rennes collection. As such specimens are so rare, we consider it appropriate to refigure them and reassess their taxonomic affinity.

II. — GEOLOGICAL SETTING

Several localities in the Laval Synclinorium in the eastern part of the Massif Armoricain of western France (Fig. 1B), including Saint-Germain-le-Fouilloux village about 8 km N of Laval, Mayenne department, have been famous since Oehlert's work in the late 19th century on invertebrate fossils from the region (e.g. Oehlert, 1884). The La Roussière quarry at Saint-Germain-le-Fouilloux (Fig. 1B, locality 1) is the type locality for many Lower Devonian (Pragian) fossils. The quarry exposes the shales and limestones of the middle part of the Early Devonian Saint-Cénére Formation (Frýda *et al.*, 2008). According to Bézier (1913), other *Machaeracanthus* localities in the Laval Synclinorium are les Courtoisières, Sarthe (Fig. 1B, locality 2), and Saint-Roch quarry, Changé, Mayenne (Fig. 1B, locality 3). These are in Pragian strata of the Saint-Cénére Formation. *Machaeracanthus* spine localities in western France also include Néhou, Manche department (Fig. 1B, locality 4), presumably in the Pragian Nehou Formation of the Cotentin region (for stratigraphy see Morzadec *et al.*, 1988). Another locality listed by Bézier (1913) is near Angers, Maine-et-Loire department (Fig. 1B, localities 5-7), in the 'Calcaire d'Angers' of the Angers Synclinorium. It is unclear if the 'Calcaire' denoted was the Angers Limestone (Pragian-Emsian) or the Vern Limestone (Pragian), the latter being the regional stratigraphic equivalent of the Saint-Cénére Formation. However, Péneau (1935) recorded that *Machaeracanthus* spines are found in the Vern Limestone. Le Maître (1934) also recorded *Machaeracanthus* spines from the Valet quarry in Chaudefonds (= Chaudefonds-sur-Layon village) in the 'Calcaires de Chaudefonds' of Maine-et-Loire.

As well as these records of spines, *Machaeracanthus* sp. scales were collected and described from Saint-Cénére, Mayenne in the Saint-Cénére Formation (Goujet, 1976; Fig. 1B, near locality 3), and from la Pointe de l'Armorique, Finistère, in the L'Armorique Formation (lower Pragian), Châteaulin Synclinorium (Goujet, 1980; Fig. 1B, locality 8).

III. — SYSTEMATIC DESCRIPTION

†Class ACANTHODII OWEN, 1846

Order indet.

Family MACHAERACANTHIDAE BURROW & YOUNG, 2005

Genus *Machaeracanthus* NEWBERRY, 1857

Type species. *Machaeracanthus peracutus* Newberry, 1857.

Machaeracanthus bezieri nov. sp.

(Figs. 2A-K, 3A-F)

Synonymy.

? 1858 *Machaerius Larteti* Rouault. p. 102

? 1858 *Machaerius Archiaci* Rouault. p. 103

? 1858 *Machaerius*. Anonymous, p. 370

? 1868 *Machaerius Larteti et Archiaci*. D'Archiac, p. 32

in part 1872 *Ctenacanthus bohemicus* Barrande. p. 641, pl. 28 figs. 8-10, 16, 20, 24

1878 *Ctenacanthus bohemicus* Barr. Kayser, p. 4, pl. 35 figs. 12, 12a, 12b

? 1879 *Ctenacanthus bohemicus*, Barr. Oehlert & Davoust, p. 699

1883 *Machaeracanthus*. Kayser, pl. 4 fig. 2

1889 *Ctenacanthus bohemicus*. Barrois, p. 333

? 1890 *Ctenacanthus bohemicus*, Barr. Oehlert, p. 755

1913 *Ctenacanthus* cf. *bohemicus* Barr., "probably *Ctenacanthus bohemicus* Barr.". Bézier, p. 67, plate figs. 1-2

1924 *Machaerius Larteti*. Havel, p. 16

1928 *Machaeracanthus* cf. *bohemicus* (BARRANDE). Péneau, p. 132-133

1933 *Machaeracanthus bohemicus*. Schmidt, p. 240, fig. 6a

1934 *Machaeracanthus bohemicus* BARRANDE. Le Maître, p. 106, pl. 17 fig. 8

1935 *Machaeracanthus* cf. *bohemicus* (BARRANDE). Péneau, p. 43-44

1953 *Machaeracanthus* cf. *bohemicus*. Pillet, p. 16

1959 *Machaeracanthus* sp. n. Gross, p. 30

? 1976 *Machaeracanthus* sp. Goujet, p. 313, fig. 54 A-E, pl. 61 figs. 3-17, pl. 63 fig. 1a,b

in part 1979 *M. bohemicus* (Barrande) 1872A. Denison, p. 52

? 1979 *Machaeracanthus* sp. Morzadec *et al.*, p. 187

? 1980 *Machaeracanthus* sp. Goujet, p. 311, pl. 42 figs. 1-5

? *in part* 1993 *Machaeracanthus* Goujet, p. 28

in part 2010 *Machaeracanthus bohemicus*. Burrow *et al.* p. 76, fig. 8

? *in part* 2012 *Machaeracanthus goujeti* Botella *et al.*, p. 765

Type material. (All from Saint-Germain-le-Fouilloux) Holotype IGR 132670; Paratypes IGR 132671a,b part and counterpart, and ML-PAL-03006.

Etymology. Acknowledging Toussaint Bézier for his important contributions as curator of the Natural History Museum of Rennes, and his contribution to the study of *Machaeracanthus* remains from France.

Material examined. From Saint-Germain-le-Fouilloux: type specimens: holotype IGR 132670 (Fig. 2A–C), paratype 132671a,b (Fig. 2D–G) in the Rennes University Geological Museum collection (IGR 132670 collected by de Vaucenay possibly in 1909; IGR 132671 collected in 1914); paratype spine ML-PAL-03006 Fig. 2H–J), Collection Oehlert, Laval Museum. From an unrecorded locality (matrix indicates Saint-Germain-le-Fouilloux): ML-PAL-29822 (Fig. 2K), Collection Oehlert, Laval Museum.

Type horizon. Saint-Cénére Formation (Pragian).

Type locality. La Roussière quarry, Saint-Germain-le-Fouilloux, Mayenne.

Geographical and stratigraphic distribution. Western

France: Saint-Cénére Formation (Pragian); western Germany: Taunus Quartzite (Pragian); Czech Republic: Dvorce-prokop Formation (Pragian).

Diagnosis. *Machaeracanthus* species with adult spines c. 16 cm long and a length to maximum width ratio c. 6:1; smooth surfaced central shaft with semicircular cross sections of different diameters above and below the plane of the side expansions; inner lateral expansion (wing) and outer lateral expansion (keel) of similar widths; one morphotype has wing with one surface convex (side to side) bearing thin longitudinal ridges, other surface smooth, and keel with both surfaces smooth and flat; second morphotype with: keel with one surface convex and bearing thin longitudinal ridges, and wing with both surfaces smooth and flat.

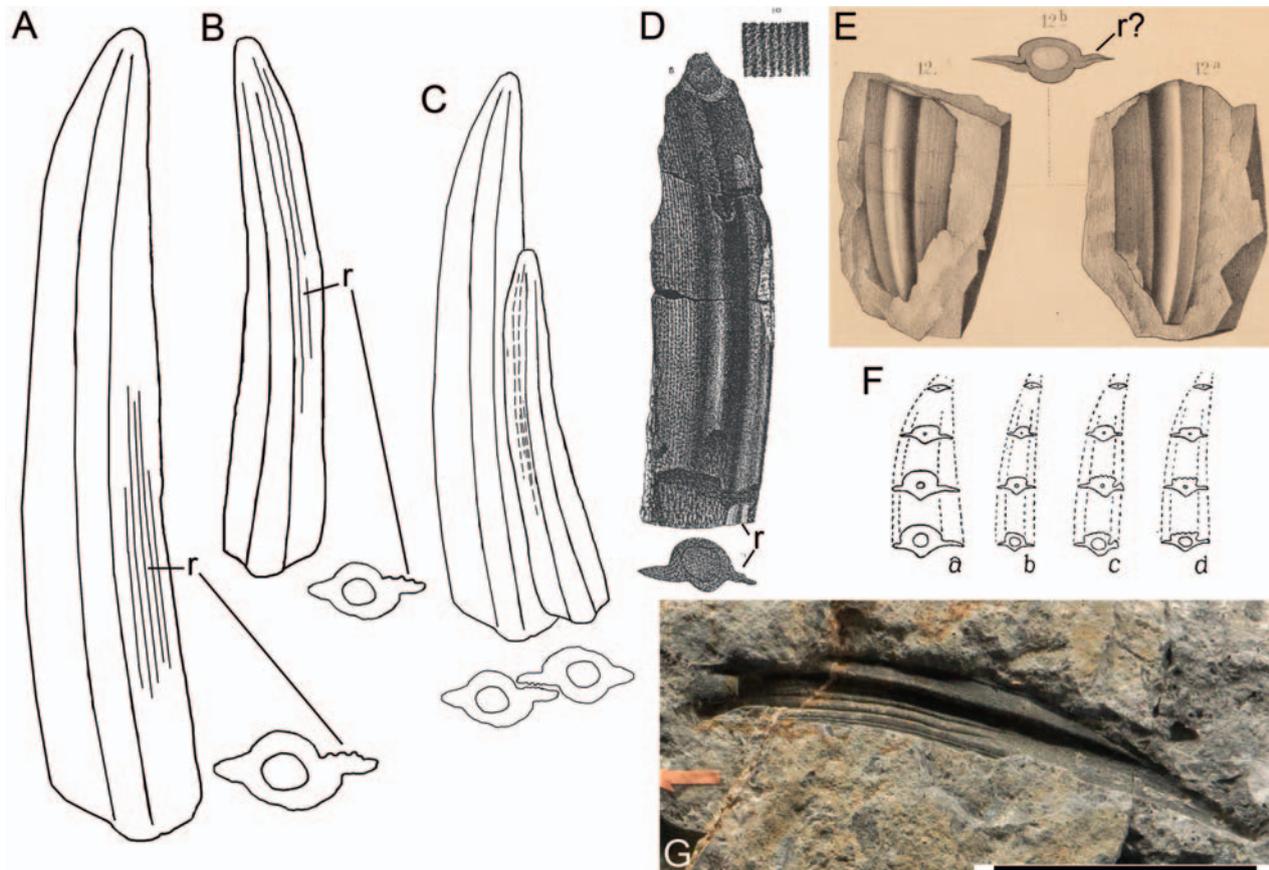


Fig. 3. — Pragian *Machaeracanthus* from Europe. A–C, *Machaeracanthus bezieri* nov. sp., reconstructions of ornamented surfaces and cross-sections of A, morphotype one spine; B, morphotype two spine; C, reconstruction of a pair of interlocking morphotype one and two spines. D–F, *Machaeracanthus bohemicus* sp. spines previously referred to *M. bohemicus*: D, Dvorce-prokop Formation, Czech Republic: Barrande, 1872, pl. 28, figs. 8–10. E, Taunus Quartzite, Harz Mts, Germany: Kayser, 1878, pl. 35, figs. 12, 12a, 12b. F, Taunus Quartzite, Harz Mts, Germany: Schmidt, 1933, fig. 6a–d (a, captioned as *Machaeracanthus bohemicus*, is here considered to be *M. bezieri* nov. sp.). G, *Machaeracanthus kayseri* Kegel, 1913, specimen MUWI Galladé 56.9.29 from the Taunus Quartzite, Stephanshausen, Grauer Stein, impression of lower surface of spine, Natural History Museum, Wiesbaden (Image by Ghedoghedo [(Own work -) [CC BY-SA 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)], via Wikimedia Commons: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/05/Machaeracanthus_kayseri.jpg). Abbreviation: r, ridge. Scale bar = 10 cm.

Fig. 3. — *Machaeracanthus* du Praguien d'Europe. A–C, *Machaeracanthus bezieri* nov. sp., reconstitution des surfaces ornementées et coupes transversales de A, épine du morphotype 1 ; B, épine du morphotype 2 ; C, reconstitution d'une paire d'épines (morphotype 1 et 2) en connexion ; D, Formation de Dvorce-prokop, République tchèque: Barrande, 1872, pl. 28, figs. 8–10. E, Quartzites du Taunus, Montagnes du Harz, Allemagne: Kayser, 1878, pl. 35, figs. 12, 12a, 12b. F, Quartzites du Taunus, Montagnes du Harz, Allemagne: Schmidt, 1933, fig. 6a–d (a, figuré comme *Machaeracanthus bohemicus*, ici attribué à *M. bezieri* nov. sp.). G, *Machaeracanthus kayseri* Kegel, 1913, spécimen MUWI Galladé 56.9.29 des Quartzites du Taunus, Stephanshausen, Grauer Stein, impression de la surface inférieure de l'épine, Muséum d'Histoire naturelle de Wiesbaden (Image de Ghedoghedo [Own work - CC BY-SA 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)], via Wikimedia Commons: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/05/Machaeracanthus_kayseri.jpg). Abbreviation: r, ride. Barre d'échelle = 10 cm.

Remarks. Bézier (1913) did not describe the morphology of the spines from Saint-Germain-le-Fouilloux, he merely referred to Barrande's (1872) original description and plates of *Machaeracanthus bohemicus*, Rouault's (1858) descriptions of *Machaerius larteti* and *M. archiaci*, and Oehlert & Davoust's (1879) description of *Ctenacanthus* cf. *bohemicus*, noting that these descriptions fitted the Saint-Germain-le-Fouilloux spines as well.

Description. The Saint-Germain-le-Fouilloux spine IGR 132670 (Fig. 2A-C), nominated as the holotype, lacks the proximal end, and is 13 cm long and 2.5 cm at its widest. As exposed by the natural cross-section terminating the specimen, the central shaft has a semicircular upper and lower profile. The surfaces of the central shaft and the keel show no ornament (although very little of the shaft surface is preserved intact), whereas the wing has a convex exposed surface with longitudinal ridges and grooves (six visible near the fractured end). Paratype IGR 132671a (Fig. 2D-F) is the distal half of a spine, lacking the tip, 7 cm long and 2 cm at its widest, with a cross-sectional profile similar to that of IGR 132670. The exposed surface is smooth, including the wing, although the surface appears abraded with possible traces of longitudinal grooves on the slightly convex wing. The counterpart IGR 132671b preserves the distal end of the spine that is missing in the part, and shows impressions of longitudinal ridging on the wing (Fig. 2G: r). The two specimens IGR 132670 and 132671 are morphotype one spines.

Two of the morphotype two spine forms are identified. Paratype spine ML-PAL-03006 (Fig. 2H-J) is 10 cm long, lacking the distal and proximal ends. On this spine, a short impression of the side originally buried in the matrix (at the proximal end of the preserved spine fragment) shows that the keel on this spine has longitudinal ridges (Fig. 2H: r). ML-PAL-29822 (Fig. 2K) is 12 cm long and almost complete, only missing the distal tip. The keel is partly preserved on the distal half of the spine, and is ornamented with at least three longitudinal ridges. The exposed surfaces of the wing and shaft are smooth.

Discussion and comparison. It seems probable that surfaces exposed in the two type specimens IGR 132670 and 132671a are the upper and lower surfaces (although we cannot confidently nominate which is which), as the narrowest and shallowest side of the shaft is exposed in IGR 132670 and the widest and deepest in IGR 132671a. If this is the case, it is also probable that only one or other of the upper and lower surfaces of the wing or keel is ridged. We thus recognize two morphotypes (Fig. 3A, B), one with a ridged wing (IGR 132670, 132671) and the other with a ridged keel (ML-PAL-03006, 29822). We propose that the two morphotypes were contiguous in life, as a pair of spines articulating via the ridging on the wing and keel respectively (Fig. 3C). It is not possible to distinguish the upper and lower (i.e. dorsal and ventral, in life) surfaces, as neither surface of the central shaft is worn smoother than the other (cf. Burrow *et al.* 2010, for a discussion of this feature in other species).

Bézier (1913) provided a table comparing the lengths and widths of the Czech Republic and western France spines, which showed that the dimensions of the latter compared closely with those of *Machaeracanthus bohemicus*. The Armorican spines resemble most closely some of the Pragian syntype spines assigned to *M. bohemicus* (e.g. Barrande, 1872, pl. 28, figs. 8–10, 16, 20, 24; Burrow *et al.*, 2010, fig. 8B; Fig. 3D here) rather than the Emsian lectotype and syntype spines of *M. bohemicus* (Barrande, 1872, pl. 28, figs. 4, 6). The Armorican and Pragian Bohemian spines have one convex, longitudinally ridged surface on either the inner (concave edged) wing or the outer (convex edged) keel. This feature is also visible on other Pragian spines previously assigned to *M. bohemicus* from the Taunus Quartzite,

Germany (Kayser, 1878, pl. 35, figs. 12, 12a, 12b; Fig. 3E here; Schmidt, 1933, fig. 6a; Fig. 3F here). This feature is not found in any other *Machaeracanthus* species, including *M. goujeti*, which is distinguished from other species in having adult spines with narrow equal width keel and wing, and a wide shaft with dense longitudinal striations on the upper surface on one of the two morphotypes. The other *Machaeracanthus* species from the Taunus Quartzite, *M. kayseri* Kegel, 1913, is easily distinguishable from *M. bezierei* nov. sp. by the robust sharp-crested longitudinal ribbing (Kegel, 1913) on the lower surface of the axial shaft (Fig. 3G).

As noted by Burrow *et al.* (2010, p. 77), “the stratigraphic range of material in the National Museum in Prague which has been assigned to *M. bohemicus* is Lochkovian to Eifelian”, and several authors (Perner, 1918; Gross, 1959; Burrow *et al.*, 2010) have indicated that there is more than one species in the Barrandian sequence. Based on our observations of the spines from western France described here and Barrande's material, we have assigned the Pragian examples with the distinctive longitudinal ridges on the wing or keel, from France, the Czech Republic, and Germany, to the new species *M. bezierei*.

Machaeracanthus sp.
(Fig. 2 L-M)

Material examined. From Saint-Germain-le-Fouilloux: spine fragment IGR 10869. From Changé: one spine fragment IGR 144560 (Fig. 2L) found by DG during the construction of the railroad (LGV) in 2014. From Vern-d'Anjou (now Erdre-en-Anjou): spine fragment UCO-71631, Collection Davy, Université Catholique de l'Ouest, Angers. From Saint-Malo Quarry, Saint-Barthélémy-d'Anjou near Angers: spine fragment UCO-71929 (Fig. 2M), Collection Jouitteau, Université Catholique de l'Ouest, Angers.

Description. Specimen IGR 10869 (not figured) from Saint-Germain-le-Fouilloux is probably the proximal end of a spine with the wider side of the shaft exposed, but it is very poorly preserved with only a small area of hard tissue present. The spine fragment from Changé (Fig. 2L; IGR 144560) is very poorly preserved; it retains the characteristic cross-sectional shape of *Machaeracanthus*, but shows no specific characters. The surface of the hollow central pulp cavity shows narrow parallel ridges near the fracture surface; these are probably exposed vascular canals of the osteodentine. The specimens from Angers (UCO-71629, 71631; Fig. 2M) are short midspine fragments which are poorly preserved. They do not show evidence of ridging on the side expansions (wing, keel), possibly because these are on the sides buried in the matrix. They are thus only assigned to *Machaeracanthus* sp. rather than to *M. bezierei*.

IV. — TAXONOMIC DISCUSSION

Unfortunately we have been unable to examine the well preserved *Machaeracanthus* spine from Sablé-sur-Sarthe mentioned by Goujet (1993) and Janvier (1996), which should be in the collection of the Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, as it appears to have been misplaced and no images of it are available.

It is possible that the new species *M. bezierei* is synonymous with Rouault's (1858) species, but as his original descriptions make no mention of the distinguishing feature we recognize in *M. bezierei* nov. sp., and his specimens were not figured and are still lost, *M. larteti* and *M. archiaci* must remain *nomina vana*. We question whether the scales from western France, originally assigned by Goujet (1976, 1980) to *Machaeracanthus* sp., can

reliably be assigned to *M. goujeti* as proposed by Botella *et al.* (2012) given that we have not seen spines like those of the latter species from western France. Although it is only known from limited material, the Pragian *M. bezieri* nov. sp. is characterised by the distinctive longitudinal ridging on the inner wing or outer keel of the spines, a feature that is not present on the type material of any other *Machaeracanthus* species. For this reason, we feel justified in assigning both the morphotypes showing complementary ridging on wing and keel to the same biological species rather than to two form species, despite not finding them as associated pairs. All of the type specimens are, however, from the same quarry. It now seems highly likely that most, if not all, *Machaeracanthus* fish had paired pairs of spines, as two morphotypes have now been identified in *M. hunsrueckianum*, *M. longaevus*, *M. peracutus*, *M. sulcatus*, and *M. polonicus*

(Burrow *et al.* 2010; Burrow & Srek, 2017). The geographical distribution of *M. bezieri* includes France, Germany and the Czech Republic.

Acknowledgments. — We wish to thank G. Beaulieu (UCO), D. Goujet and P. Janvier (MNHN), Jérôme Tréguier and Valentin Prugneaux (ML), Fritz Geller-Grimm (Wiesbaden Natural History Museum) for images and information on specimens in their collections, and A. Blicq (Université des Sciences et Technologies de Lille) for instigating our collaboration. We also thank T. Wright and coauthors for allowing us to use the base map for Figure 1B. CJB acknowledges the support of the Queensland Museum. We thank Hector Botella (University of Valencia, Spain) and Alexander Ivanov (St Petersburg University, Russia) for their reviews of our manuscript.

REFERENCES

- ANONYMOUS. (1858). — M. Rouault: fossile Wirbelthiere in West-Frankreich. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefaktenkunde*, year **1858**: 869–871.
- D'ARCHIAC A. (1868). — *Paléontologie de la France*. Imprimerie impériale, Paris, 726 p.
- BARRANDE J. (1872). — *Système silurien du centre de la Bohême. 1^{re} Partie: Recherches paléontologiques. Supplément au Vol. I. Trilobites, crustacés divers et poissons*. Charles Bellman, Prague and Paris, 127 p.
- BARROIS C.E. (1889). — Faune du Calcaire d'Erbray (Loire-inférieure). *Mémoires de la Société Géologique du Nord*, III: 1–388.
- BÉZIER T. (1913). — Sur l'existence de *Ctenacanthus* cf. *Bohemicus* Barr. dans le calcaire dévonien inférieur de la Roussière, en Saint-Germain-le-Fouilloux (Mayenne). *Bulletin de la Société Scientifique et Médicale de l'Ouest*, **22**: 67–79.
- BOTELLA H., MARTÍNEZ-PÉREZ C. & SOLER-GIJÓN R. (2012). — *Machaeracanthus goujeti* n. sp. (Acanthodii) from the Lower Devonian of Spain and northwest France, with special reference to spine histology. *Geodiversitas*, **34**: 761–783.
- BURROW C. J., DESBIENS S., EKRT B. & SÜDKAMP W. H. (2010). — A new look at *Machaeracanthus*. In: ELLIOTT D. K., MAISEY J. G., YU X. & MIAO D. (eds.), *Morphology, Phylogeny and Paleobiogeography of Fossil Fishes*. Verlag Dr Friedrich Pfeil, Munich: 59–84.
- BURROW C. & SZREK P. (2017). — Acanthodians from the Lower Devonian (Emsian) 'Placoderm Sandstone', Holy Cross Mountains, Poland. *Ichthyolith Issues Special Publication* **13**: 25–26.
- BURROW C. J. & YOUNG G. C. (2005). — The acanthodian fauna of the Craven Peaks beds (Early to Middle Devonian), Western Queensland. *Memoirs of the Queensland Museum*, **51** (1): 3–25.
- DENISON R. H. (1979). — Acanthodii. In: SCHULTZE H.-P. (ed.) *Handbook of Paleichthyology*, Part 5. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart and New York: 62 p.
- FRÝDA J., RACHEBOEUF P. R. & FRÝDOVÁ B. (2008). — Mode of life of Early Devonian *Orthonychia protei* (Neritimorpha, Gastropoda) inferred from its post-larval shell ontogeny and muscle scars. *Bulletin of Geosciences*, **83**: 491–502.
- GOUJET D. (1976). — Les Poissons. In: Les Schistes et Calcaires Eodévoniens de Saint-Cénére (Massif Armoricaire, France), sédimentologie, paléontologie, stratigraphie. *Mémoires de la Société géologique et minéralogique de Bretagne*, **19**: 312–323.
- GOUJET D. (1980). — Les Poissons. In: Les Schistes et Calcaires de l'Armorique (Dévonien inférieure, Massif Armoricaire). *Mémoires de la Société géologique et minéralogique de Bretagne*, **23**: 309–313.
- GOUJET D. (1993). — Vertebrate microremains from northern Spain, their importance in correlation between marine and 'non-marine' Lower Devonian sediments. In: Gross Symposium (Göttingen, August 1993). Abstracts: 28.
- GROSS W. (1959). — Arthrodiren aus dem Obersilur der Prager Mulde. *Palaeontographica A*, **113**: 1–35.
- GUILLIER A. (1871). — Faune seconde silurienne entre Saint-Denis d'Orques et Chemiré-en-Charnie. *Bulletin de la Société d'agriculture, sciences et arts de la Sarthe*, **21**: 633–636.
- HAVEL M. (1924). — Présentation de fossiles recueillis dans le pays. *Bulletin de Mayenne-Science*, **1924**: 16.
- JANVIER P. (1996). — *Early Vertebrates*. Oxford University Press, Oxford, 393 p.
- KAYSER E. (1878). — Die Fauna der ältesten Devon-Ab lagerungen des Harzes. *Abhandlungen geologische Specialkarte Preussen und Thüringischen Staaten*, **2**: 1–296.
- KAYSER E. (1883). — Neue Beiträge zur Kenntnis der Fauna des rheinischen Taunus-Quarzits. *Jahrbuch der königlich-preussischen geologischen Landesanstalt und Bergakademie zu Berlin*, **3** [1882]: 120–132.
- KEGEL W. (1913). — Der Taunusquarzit von Katzenelnbogen. *Abhandlungen der Königlich preussischen Geologischen Landesanstalt zu Berlin*, **76**: 1–163.

- LE MAÎTRE D. (1934). — Etudes sur la faune des Calcaires dévoniens du Bassin d'Ancenis. Calcaire de Chaufefonds et Calcaire de Chalennes (Maine-et-Loire). *Mémoires de la Société Géologique du Nord*, **XII**: 1–267.
- MORZADEC P., PELHATE A. & PLAINE J. (1979). — Stratigraphie du Paléozoïque du Massif Armoricain: le Synclinorium de Laval. *Bulletin de la Société géologique et minéralogique de Bretagne*, série C, **11** (1-2): 183–191.
- MORZADEC P., PARIS F., PLUSQUELLEC Y., RACHEBOEUF P. & WEYANT M. (1988). — Devonian stratigraphy and paleogeography of the Armorican Massif (Western France). In: MCMILLAN N.J., EMBRY A.F. & GLASS D.J. (eds.), *Devonian of the World* (Proceedings of the Second International Symposium on the Devonian System, Calgary, Canada). *Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir*, **14**, volume 1: 401–420.
- NEWBERRY J.S. (1857). — New fossil fishes from the Devonian rocks of Ohio. *American Journal of Science*, **24**: 147–149.
- OEHLERT D. (1884). — Études sur quelques brachiopodes dévoniens. *Bulletin de la Société Géologique de France*, série 3, **12**: 411–441.
- OEHLERT D. (1890). — Sur le Dévonien des environs d'Angers. *Bulletin de la Société Géologique de France*, série 3, **17**: 742–791.
- OEHLERT D. & DAVOUST M. (1879). — Sur le Dévonien du département de la Sarthe. *Bulletin de la Société Géologique de France*, série 3, **7**: 697–717.
- OWEN R. 1846. — *Lectures on the comparative anatomy and physiology of the vertebrate animals delivered at the Royal College of Surgeons, England in 1844 and 1846. Part I, Fishes*. Longman, Brown, Green and Longmans, London, xi + 304 p.
- PENEAU J. (1928). — Etudes stratigraphiques et paléontologiques dans le SE du Massif Armoricain (synclinal de Saint Julien de Vouvantes). *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France*, série 4, **8**: 1–326.
- PENEAU J. (1935). — Contribution à la faune du Calcaire de Vern (Maine-et-Loire) (Dévonien supérieur). *Bulletin de la Société d'Études Scientifiques de l'Anjou*, **64**: 43–47.
- PERNER J. (1918). — Vorläufiger Bericht über die Fischfauna des böhmischen Obersilur und die fossilienverteilung in den F1-Schichten. *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, **1918**: 318–322.
- PILLET J. (1953). — Contribution à l'étude du Dévonien armoricain. Les faunes du Siegenien moyen et supérieur en Anjou. *Bulletin de la Société d'Études Scientifiques d'Angers*, **3** (2): 15–23.
- ROUAULT M. (1858). — Note sur des Vertébrés fossiles des terrains sédimentaires de l'ouest de la France. *Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, **47**: 99–103.
- SCHMIDT H. (1933). — Fischreste aus dem Taunusquarzit. *Palaeontologische Zeitschrift*, **15**: 228–245.
- TROMELIN (de) G. & LEBESCONTE P. (1876). — Observations sur les terrains primaires de Nord du département d'Ille-et-Vilaine et de quelques autres parties du massif breton. *Bulletin de la Société Géologique de France*, série 3, **4**: 583–623.
- WRIGHT A.J., PLUSQUELLEC Y., GOURVENNEC R. (2016). — Devonian operculate corals (Calceolidae, Cnidaria) from the Massif Armoricain, France. *Alcheringa*, **40** (3): 313–340.
- ZIDEK J. (1981). — *Machaeracanthus* Newberry (Acanthodii: Ischnacanthiformes) - morphology and systematic position. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatsheft*, **12**: 742–748.

Paul CELET (1925-2016)

par Jacques CHARVET (*)

Résumé. – Paul Celet est né dans le nord de la France et a passé toute sa carrière d’enseignant à l’Université de Lille, de 1950 à 1991. Ses intérêts scientifiques portaient sur deux thèmes différents : le développement tectonique de la chaîne dinarohellénique, surtout en Grèce, et la cartographie géologique de détail en France. Concernant les Hellénides, il a défini pour la première fois la zone du Parnasse et montré son allochtonie. En France, ses travaux furent dévolus à la chaîne du Jura et à la région du Nord. Il fut directeur de thèses d’étudiants dans ces deux domaines.

Abstract. – Paul Celet was born in northern France and spent all his career as a teacher in the University of Lille, from 1950 to 1991. His scientific interests focused on two different topics: the tectonic development of the dinaridic-hellenic belt, mainly in Greece, and detail mapping in France. Regarding the Hellenides, he defined for the first time the Parnassus zone and demonstrated its allochthonous nature. In France, his works were devoted to the Jura Mountain and to the northern region. He acted as supervisor of student theses in both domains.

Mots-clés. – Paul Celet, Biographie, Hellénides, Cartographie.
Key words. – Paul Celet, Biography, Hellenides, Mapping.

I. — INTRODUCTION

Paul Celet, Professeur Honoraire de l’Université des Sciences et Technologies de Lille, nous a quittés le 9 octobre 2016 à l’âge de 91 ans. Ses funérailles ont été célébrées le 24 octobre 2016 à Lille, avant une inhumation dans le caveau familial à Artres, commune du Nord située près de Valenciennes au sud-est de cette ville. Disparaît ainsi celui qui fut, au cours de la deuxième moitié du XX^e siècle, une des figures marquantes des Sciences de la Terre à l’Université de Lille 1 (Fig. 1). Cette brève notice a pour but de lui rendre hommage en retraçant le déroulement de sa vie et de sa carrière d’enseignant-chercheur et de tenter de rappeler tout ce qui, derrière le géologue, constituait les caractéristiques principales de l’homme.



Fig. 1. – Paul Celet dans sa maison de loisirs, 2005.

Fig. 1. – Paul Celet in his leisure home, 2005.

II. — L’ENFANCE ET L’ADOLESCENCE

Paul Jean Gustave Celet naît le 13 avril 1925 à Maing (59233 Nord), commune du Valenciennois située sur les bords de l’Escaut. Il est l’aîné d’une fratrie portée à deux personnes avec la naissance en 1928 d’un frère cadet André. Son père est cheminot, chef du bureau du mouvement à la gare de Valenciennes. Ayant perdu très tôt sa mère, à l’âge de trois ans, il est élevé avec son frère par sa grand-mère paternelle. Après l’école primaire fréquentée à Maing, il poursuit ses études secondaires au Collège Technique Moderne de Valenciennes, obtenant le brevet élémentaire (BEPS) en 1943, puis au Lycée Henri Wallon de la même ville, où il acquiert les deux parties du baccalauréat respectivement en 1945 et 1946.

Au cours de sa jeunesse, il est très marqué par la seconde guerre mondiale, notamment l’évacuation du Nord subie avec son frère et sa grand-mère puis le retour à Maing et l’occupation allemande. Son père, réquisitionné à la gare de Valenciennes, charge Paul Celet, alors âgé de 15 ans, de prendre la voiture familiale et de conduire son frère et sa grand-mère en Bretagne ; ils reviennent à Maing quelques semaines plus tard quand l’armée allemande atteint le secteur breton. Durant son adolescence et notamment cette période de guerre, son père joue un rôle très important et son exemple imprègnera à jamais son souvenir. En effet il participe à la résistance, ce qui lui vaut d’être décoré de la médaille de la résistance et de la Croix de Guerre par le Général de Gaulle en 1948. Le jeune Paul Celet, très impressionné par le personnage et admiratif, gardera également une dévotion et une fidélité sans faille envers le Général de Gaulle.

III. — LE PARCOURS ACADÉMIQUE

Il aurait pu faire carrière dans la métallurgie. En août 1946, son oncle, ingénieur chez Usinor, lui propose un stage d’été dans

(*) ISTO - Institut des Sciences de la Terre d’Orléans, 1A rue de la Férollerie, 45100 Orléans, France ; jacquescharvet@orange.fr

le laboratoire de chimie de son usine. Il accepte, désireux de tester et enrichir ses connaissances dans ce domaine et de se faire un peu d'argent de poche. Cela aurait pu déboucher sur un emploi car, à la fin du stage, une proposition d'embauche lui est faite ; mais il ne donne pas suite.

Avec le baccalauréat en poche, il choisit d'entrer à la Faculté des Sciences de Lille. Ses études y sont brillantes, flirtant avec les mentions Très Bien, comme aux examens de Géologie et Minéralogie. Le jeune licencié ès-sciences en géologie (1949) a été remarqué par ses professeurs, notamment le Professeur Duparque, qui le recrute comme assistant délégué de géologie et minéralogie dès le 1er novembre 1950 ; il est nommé assistant titulaire au 1er octobre 1951 (Fig. 2). Il se marie à cette époque, en 1952, épousant Louise Monchau dont il aura quatre enfants : Bernard, Michel, Catherine et Philippe. Il gravira ensuite les échelons : Chef de Travaux stagiaire au 1er octobre 1958, poste dans lequel il est titularisé un an plus tard et qui est transformé en poste de Maître-Assistant titulaire au 1er décembre 1960. Ses performances académiques et son dévouement professionnel, notamment sa participation active à la réfection partielle des Musées de Géologie de Lille, lui valent l'obtention de la médaille Gosselet de la Société des Sciences de l'Agriculture et des Arts de Lille en 1959.

Une caractéristique de Paul Celet, tout au long de sa vie, est sa gratitude ; il garde un souvenir ému et fidèle de ceux qui ont favorisé et guidé sa carrière. Il voue ainsi un véritable culte à André Duparque (1892-1960), spécialiste bien connu de la genèse de la houille, qui fut son maître. Ce dernier, membre correspondant de l'Académie des Sciences à partir de 1957 (section de géologie) enseignait la minéralogie. Paul Celet le vénère et conserve dans son bureau un portrait photographique du savant souriant devant son microscope ; me le montrant un jour il me dit « j'aime bien cette photo car, là, il a l'air heureux ». Il éprouve de même un profond respect doublé d'une extrême reconnaissance pour Pierre Pruvost, membre de l'Institut, qui fut Professeur de géologie à Lille, où il exerça aussi les fonctions de doyen de la faculté des Sciences, avant de partir en 1950 pour Paris où il termina sa carrière en 1961. C'est lui dont l'enseignement donna à Paul Celet, initialement féru de minéralogie, la vocation pour la géologie de terrain et qui, au moment où ce dernier devait s'engager dans des travaux de thèse, l'orienta vers la géologie des Hellénides.

En effet, se pose pour Paul Celet, dans les années 1950, le problème du choix d'un sujet de thèse de doctorat. André



Fig. 2. – Paul Celet (premier à gauche) en excursion géologique, vers 1950 (photo A. Bonte).

Fig. 2 – Paul Celet (first left) during a field trip, around 1950 (photo A. Bonte).



Fig. 3. – Paul Celet pendant une excursion géologique dans le Boulonnais, 1965.

Fig. 3. – Paul Celet during a field trip in Boulonnais area, 1965.

Duparque est déjà amoindri par la maladie et le jeune assistant préfère maintenant la géologie de terrain ; mais les premiers travaux, essentiellement cartographiques, entrepris en collaboration avec Antoine Bonte et Charles Delattre dans le cadre des levés de cartes géologiques dans le Jura et le nord de la France, donnent des perspectives jugées somme toute modestes quant à la possibilité d'innovation et la compréhension nouvelle d'une grande région géologique. Sur les conseils de Pierre Pruvost, alors déjà à Paris, il se joint à l'équipe parisienne effectuant des recherches sur la chaîne hellénique. Ainsi fut scellé le sort qui mena Paul Celet en Grèce. Mais, comme nous le verrons ci-dessous, il n'abandonnera jamais son intérêt pour la géologie régionale du Nord et celle du Jura.

Au cours de ces années de thèse, il acquiert donc le grade de Maître-Assistant. Après sa thèse de doctorat ès-Sciences, soutenue en 1961, il devient Maître de Conférences stagiaire (premier grade de professeur à l'époque) dès le 1er octobre de la même année, titularisé en 1962, puis Professeur sans chaire au 1er janvier 1964 ; il en était à ce stade lorsqu'il me recruta en 1965 (Fig. 3). Devenu Professeur titulaire en 1969, il reste en fonction jusqu'au 30 septembre 1991, date à laquelle il prend sa retraite ; il est nommé Professeur Honoraire de l'Université des Sciences et Technologies de Lille.

IV. — LA CONSTITUTION DU LABORATOIRE DE GÉOLOGIE DYNAMIQUE

Dès sa nomination en tant que Professeur, il est très désireux de s'entourer de jeunes collègues assistants, afin de développer une équipe de recherche qui, à la suite et dans le droit fil des études menées en Grèce par sa génération, conduira des travaux dans l'ex-Yougoslavie en collaboration avec les thésards parisiens de Jean Aubouin. A l'époque, il n'y a pas de commissions de spécialistes ; le choix du recrutement d'une personne donnée dans un poste d'assistant est le fait du « prince », en l'occurrence le professeur titulaire de chaire. Les débuts sont plutôt décevants. Il recrute un étudiant sorti brillamment des études de Licence de géologie à Lille, dont je tairai le nom, mais celui-ci fait apparemment les quatre cents coups et finit très vite par quitter cette Université. Suite à cette défection et cette déception, Paul Celet se résout à chercher

à l'extérieur, ce qui n'est pas habituel et même une première en géologie à Lille, et demande à Jean Aubouin, Professeur à Paris, s'il ne connaît pas un jeune étudiant susceptible de lui donner satisfaction, notamment en recherche. Celui-ci lui parle de moi, alors en dernière année à l'ENS de St Cloud, celle qui mène à l'agrégation. Le fait que le DES (précurseur du DEA), diplôme obtenu après un an d'initiation à la recherche, soit indispensable pour pouvoir passer l'agrégation n'est sans doute pas étranger à cette démarche. Après une première rencontre à Paris, au début de 1965, Paul Celet me demande de me rendre à Lille où, selon la règle en vigueur, très respectueux des usages, il me présente à tous les professeurs et en particulier à Charles Delattre, titulaire de chaire et donc son supérieur hiérarchique. Ce dernier donne immédiatement son accord pour le recrutement, ce qui est primordial, mais je dois dire que tous les autres collègues de même rang se déclarent favorables à l'entrée d'un peu de « sang neuf ». Il faut y voir à mon avis non seulement une certaine ouverture d'esprit mais aussi sans doute le respect envers le jeune professeur connu pour sa rigueur et sa droiture. Entre temps, on lui a adjoint comme assistant Bernard Waterlot, fils du Professeur Gérard Waterlot, que je rencontre aussi et qui me reçoit de façon fort sympathique. Nous partagerons quelques années dans le même laboratoire, d'abord dans l'ancien bâtiment de la rue Gosselet à Lille pendant l'année universitaire 1965-1966 puis, de façon plus proche, dans des bureaux voisins après le déménagement des Sciences de la Terre vers le campus de Villeneuve d'Ascq, à l'été 1966, au sein du service auquel Paul Celet donne alors le nom de Laboratoire de Géologie dynamique. Nous sommes censés travailler de concert en Yougoslavie, sur des terrains adjacents ; mais, suite à des ennuis de santé lors de sa première mission, Bernard Waterlot abandonne le sujet de thèse dinarique. Après diverses tentatives sur d'autres sujets, notamment paléontologiques, il finira par quitter la géologie et deviendra dentiste. L'équipe de recherche en Yougoslavie voulue initialement se trouve donc vite réduite au minimum dans sa composante lilloise : le directeur de thèse et son thésard. Très rapidement, Paul Celet a cependant l'occasion de recruter des assistants supplémentaires ; mais, en ce qui concerne la recherche développée pour la longue préparation de la thèse de doctorat ès Sciences, ils effectueront de nouveau des études en Grèce, les travaux de terrain en Yougoslavie devenant problématiques. Il accueille ainsi Bernard Clément, étudiant formé à Lille, qui travaillera dans les Monts Gérénées et l'Hélicon. Puis, quatre ans après mon arrivée dans son laboratoire, de nouveau sur la proposition de Jean Aubouin, il fait entrer dans son équipe un autre élève de St Cloud en la personne de Jacky Ferrière, qui fera ses recherches dans les secteurs de l'Othrys et du Pélion. Ainsi se trouve constitué un petit groupe qui a des préoccupations scientifiques assez voisines et pourra discuter, en son sein comme avec d'autres, des divers problèmes relatifs aux Dinaro-Hellénides. Ensuite, d'autres étudiants sont embauchés comme assistants, qui limiteront leur action de recherche sous la direction de Paul Celet à l'obtention, plus courte dans le temps, de leur thèse de 3e cycle : Jean-Marie Dégardin, Christian Beck (lui aussi ancien élève de St Cloud), Jean-Jacques Verriez. Depuis 1970, le système a changé ; les recrutements, passant par les arcanes des commissions de spécialistes, relèvent d'une décision plus collective et sont donc moins personnalisés. Seul J.-J. Verriez restera au sein du Laboratoire de Géologie dynamique.

V. — L'ŒUVRE SCIENTIFIQUE

Au niveau des préoccupations scientifiques, les travaux de Paul Celet se répartissent en deux volets bien différenciés : la géologie de la chaîne dinaro-hellénique d'une part, la cartographie et la géologie régionale de la chaîne jurassienne

et du nord de la France d'autre part. En ce qui concerne les Dinaro-Hellénides, Paul Celet restera indubitablement comme le père, l'inventeur de la zone du Parnasse (ou Parnasse-Kiona), qu'il présente avec soin dans sa thèse de doctorat ès Sciences qui lui vaudra de recevoir le prix Viquesnel de la Société géologique de France en 1964. Il en décrit précisément la série stratigraphique révélant l'existence d'une ancienne plate-forme ayant connu deux épisodes bauxitiques (Fig. 4), au cours du Jurassique-Crétacé, avant de recevoir le dépôt du flysch à partir du Paléocène. Mais il montre aussi que cette zone est d'une part découpée en plusieurs écaïlles et, d'autre part, constitue une vaste nappe qui chevauche la zone du Pinde d'au moins 75 km, entraînant parfois à son front une unité intermédiaire telle que celle du Vardoussia. Son origine paléogéographique est donc plus orientale que le sillon pindique, située entre celui-ci et le domaine interne débutant avec ce qu'on appelle alors la zone subpélagonienne, qui comporte des ophiolites. De plus, et cela passera peut-être un peu trop inaperçu à l'époque de sa thèse, il démontre clairement que cette zone du Parnasse supporte des klippes d'origine subpélagonienne charriées sur le flysch éocène ; outre les unités ophiolitiques, la klippe de l'unité sédimentaire du Jerolékas apporte la preuve d'un charriage vers l'ouest de la série subpélagonienne, donc des zones internes, alors que ce domaine interne est alors surtout considéré comme un môle rigide avec seulement des failles verticales. Ces conclusions se rapprochent des synthèses allochtonistes antérieures de grands prédécesseurs comme Carl Renz, alors un peu dénigrées. Mais on trouve là peut-être un des traits de caractère de Paul Celet : si cet observateur scrupuleux est sûr de son fait à propos de ses données issues du terrain, il est peu enclin à en faire l'exploitation immédiate dans une extrapolation grandiose à l'échelle de la chaîne, surtout si cela va à l'encontre d'autres synthèses brillantes élaborées par des collègues appréciés. Il se méfie des théories « fumeuses » et montre peu d'intérêt pour la géo-poésie et la publicité. Son goût pour la géologie de terrain est par contre affirmé. Il visite régulièrement ses thésards en mission et son expérience est souvent fort utile voire décisive. Par exemple, sa connaissance de la série du Parnasse étant très sûre, lors de notre première mission commune en Yougoslavie, au soir de la journée consacrée à la coupe entre Sarajevo et Mostar, traversant la zone du Haut-Karst, il déclare de façon péremptoire : « c'est clair, ce n'est pas la série du Parnasse », alors qu'une réelle homologie entre les deux zones fait à cette époque partie des hypothèses possibles. Il n'hésite pas à reconnaître d'emblée des nouveautés factuelles, tels que des charriages importants jusque là méconnus, si elles émanent d'observations de terrain qu'il a pu contrôler. Ainsi, revenant de Grèce après une première visite de l'Othrys avec Jacky Ferrière, il me confie : « Il a découvert une fenêtre ! ». Les éléments qu'il avait vus avec son thésard l'avaient convaincu en quelques jours de l'existence de la fenêtre de l'Othrys ; par contre la nature pélagonienne de l'autochtone relatif et l'âge jurassique du charriage le laissent un temps sceptique. Il n'affirme des choses que s'il les a constatées de près ; cela le conduit à lever des coupes demandant parfois un effort physique certain afin de vérifier un contact. Il attribue d'ailleurs à ces efforts déployés en Grèce lors de son travail de thèse les crises de sciatique qui l'ennuient périodiquement. Son avis sur la nature stratigraphique ou tectonique d'un contact est très écouté, même si les arguments en faveur d'un contact tectonique sont parfois exprimés dans un langage particulier ; tout un chacun, membre de l'équipe dinarique l'ayant côtoyé en mission, se souvient de son expression favorite : « c'est cuit ça mon vieux, complètement cuit », signifiant l'écrasement dû à la tectonique. Il n'en reste pas moins que les coupes levées par Paul Celet sont parmi les plus fiables. Ses missions en Grèce se terminent dans les années 1980, quand ses élèves, ayant achevé leur thèse, volent de leurs propres ailes et développent leur propre recherche.

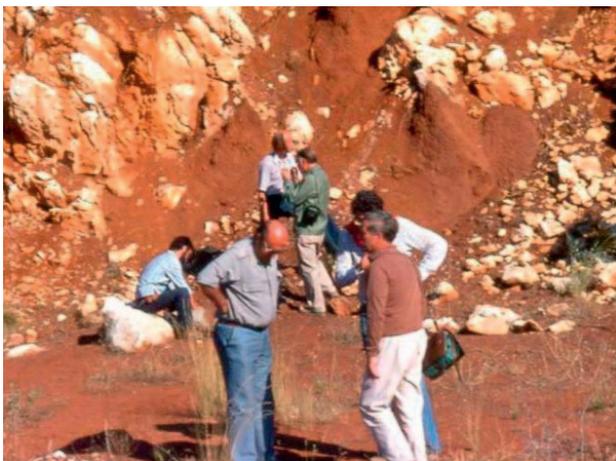


Fig. 4. – Paul Celet (à droite) et Jean Aubouin (à gauche) dans une carrière de bauxite, zone du Parnasse (Grèce), 1976.

Fig. 4. – Paul Celet (right) and Jean Aubouin (left) in a bauxite quarry, Parnassus zone (Greece), 1976.

Mais ce géologue de terrain reste attaché à l'étude cartographique en France, principalement dans deux régions : le Jura et le Nord. La tradition, à Lille comme dans d'autres universités provinciales, veut que la plupart des géologues universitaires de terrain fassent partie des collaborateurs du Service de la Carte géologique de France et participent à la cartographie régionale. Pour le Jura son intérêt découle d'un héritage spécifique de deux collègues. En effet, il est entraîné dans cette région par deux professeurs lillois qui ont déjà eu une expérience jurassienne : Antoine Bonte, Professeur de Géologie appliquée, qui fut un temps assistant à Besançon et ensuite actif dans le secteur de Lons-le-Saulnier comme ingénieur du BRGM avant de regagner la Faculté des Sciences de Lille comme jeune Professeur en 1948, et Maurice Dreyfuss, qui commença sa carrière d'enseignant-chercheur à Besançon, où il retournera après son intermède lillois. Par exemple, les leviers de la feuille de Quingey sont d'abord exécutés de concert par Antoine Bonte et Paul Celet en 1953 et 1954, puis ce dernier s'en chargera seul jusqu'en 1968 avant d'assurer la coordination et le tracé des contours géologiques pour la publication de la carte en 1975. Durant son séjour lillois, Maurice Dreyfuss lance une série de stages de terrain dans le secteur bisontin pour les étudiants de Licence, auxquels participe Paul Celet. Ce dernier reprendra l'usage, pour les étudiants du certificat de Géologie Structurale, à partir de 1969. En ce qui concerne le nord de la France, il suit la tradition et se partage avec les collègues les leviers de diverses cartes au 1/50 000. Il prend en charge plus particulièrement l'élaboration des feuilles de Cambrai, Bohain-en-Vermandois et Péronne et participe, surtout pour la notice, à la publication de celle de Guise. Il m'entraîne d'ailleurs, dès mon arrivée, dans l'aventure des leviers de la carte de Cambrai ; ce sera ma seule contribution de ce type. Ensuite, cette tradition se perdra peu ou prou pour les nouvelles recrues, du moins dans son équipe. En plus de la tradition cartographique, beaucoup de géologues universitaires lillois participent aussi à des expertises préalables à des aménagements locaux : ouverture de décharges, extension ou création de cimetières, alimentation en eau. Paul Celet, surtout en fin de carrière, en fera un certain nombre. Mais son intérêt pour la géologie appliquée ne se limite pas à ces expertises. Dans ses dernières années d'activité, l'épisode dinaro-hellénique étant terminé, il dirige trois thèses de géologie régionale, sur la caractérisation et la gestion des sols.

VI. – L'HOMME DERRIÈRE LE GÉOLOGUE

Sur le plan professionnel, Paul Celet est un travailleur méticuleux et acharné. Selon ses dires, il ne trouve son plaisir que dans le travail géologique. Il me l'avait dit un jour en ces termes : « certains s'épanouissent dans la boisson, la ripaille ou les femmes ; moi c'est dans le travail ». Il part souvent tard le soir de son bureau ; je me souviens de discussions durant parfois jusqu'à 21h. Il passe beaucoup de temps à la préparation de ses cours. Ceux-ci, s'ils ne sont pas dispensés sur un ton théâtral accrocheur, sont clairs et structurés et, d'après les étudiants, faciles à réviser. Pour cet enseignant, le sérieux et le souci du détail comptent avant tout ; il n'aime pas l'à peu près ni le clinquant gratuit. Foin des fioritures superfétatoires ! En camp de terrain, on retrouve cette exigence de précision acquise sous la férule de la cartographie de détail, exigence parfois jugée tatillonne par les étudiants. Ces traits de caractère peuvent évidemment donner l'apparence de quelqu'un d'austère, voire de triste. C'est à vrai dire l'impression que je ressens lors de notre première rencontre, à Paris début 1965, lorsqu'il envisage de me recruter comme assistant. Vêtu d'un imperméable vert avec un large crêpe noir au revers, il a en effet l'air triste, mais j'apprends qu'il est en fait très affecté par le décès récent de son fils aîné Bernard. La suite va me prouver qu'il sait aussi rire, même s'il prend rarement lui-même l'initiative d'une séance de franche rigolade, et qu'il n'est pas dépourvu d'humour, parfois caustique. Il n'hésite pas à railler un collègue, quel que soit son rang, dont l'attitude lui semble hésitante et à but imprécis ; une de ses locutions favorites, dans un tel cas, est : « il bafouille, il cafouille, il farfouille, il trifouille... ». Ou bien, si la personne visée semble attendre une quelconque récompense ou gratification, il propose souvent, en aparté, de lui faire cadeau d'un « trombone à coulisse » pour la satisfaire. Confiant dans la seule force du travail, il attend des autres, notamment des membres de son équipe, le même comportement : à chacun d'accomplir sa tâche sérieusement et d'arriver à la force du poignet par son propre mérite. L'envers du décor est qu'il ne fait pas d'efforts incommensurables pour promouvoir ses élèves, dans un milieu concurrentiel, quand d'autres poussent systématiquement ceux qui leur ont fait allégeance.

Sans doute à cause de sa croyance primordiale dans les faits de terrain et de sa méfiance vis-à-vis des grandes théories et des synthèses hâtives, il n'accepte pas avec enthousiasme la tectonique des plaques au tournant des années 1960-1970. Son scepticisme naturel est conforté par le silence de certains aînés de la communauté géologique française qu'il respecte et qui, au travers de leur mutisme, semblent montrer un manque de conviction. Cependant, au cours du temps, reconnaissant les fondements géophysiques, il finit par admettre la validité de cette théorie, vers le milieu des années 1970, assez rapidement finalement par rapport à d'autres.

Ses qualités de sérieux et de dévouement se traduisent aussi par son implication dans les affaires administratives au sein de différentes instances dont il est membre : conseils de l'Université, du Département puis de l'UFR de Sciences de la Terre, Commission de Spécialistes des Sciences de la Terre dont il assure un temps la présidence, etc. Par ailleurs, le géologue attaché à sa région passe de nombreuses années dans le Conseil de la Société Géologique du Nord, à différents postes dont celui de président en 1965. Il est un fervent défenseur de cette société et n'hésite pas à faire du prosélytisme à son sujet ; nul n'échappe à la règle et, dès son arrivée au laboratoire, doit en devenir membre. Homme respectueux des traditions et de l'ordre établi, il ne vit pas avec plaisir, c'est le moins que l'on puisse dire, les événements de 1968. Il regrette ces désordres,

se méfie des meneurs, surtout parmi les enseignants-chercheurs, dont il souligne, parfois à juste titre, le double jeu. Mais cela ne l'affecte pas durablement. Il est vrai que, n'étant pas le prototype du mandarin abusif, il est relativement épargné par la contestation. Tout le monde s'accorde sur son sérieux et son sens du devoir, aussi bien étudiants que collègues. L'ensemble de sa carrière académique lui vaut d'être élevé jusqu'au grade de Commandeur dans l'ordre des Palmes Académiques.

Sur le plan humain, je garde le souvenir d'un homme de cœur, d'une grande intégrité et d'une fiabilité parfaite ; pour lui le fameux proverbe « chose promise, chose due » n'était pas un vain mot. Empreint d'une certaine pudeur, il ne parlait pas volontiers de sa vie privée. Par contre, il ne se conduisait pas en interlocuteur distant. Il savait montrer une compassion sincère pour les gens dans la difficulté, voire le malheur, et était dépourvu de toute condescendance dans ses relations avec les personnes de milieu modeste. Loin de se résumer à un cerveau éthéré, il était un homme affichant un certain sens pratique constamment assumé dans la vie courante. Attaché à ses origines du Nord, Paul Celet en a gardé toute sa vie un enracinement presque terrien, dont participait sans doute sa passion pour la chasse, qu'il pratiquait dans le Valenciennois. En 1980, il avait d'ailleurs acquis une petite propriété agricole située dans la Thiérache, sa patrie de cœur et origine de sa lignée généalogique, qui est devenue sa maison de loisirs et de bricolage et dans laquelle il a passé de longues et heureuses années en compagnie de son épouse, lassé qu'il était de la ville, Lille en particulier qu'il jugeait trop agressive. Il montrait également un certain

goût pour la mécanique, notamment automobile, dont il parlait volontiers et au sujet de laquelle il pouvait taquiner à l'occasion les collègues notoirement ignares en la matière.

VII. — CONCLUSIONS

Avec le décès de Paul Celet a disparu un savant qui se serait sans doute défini lui-même plus comme un très bon artisan plutôt qu'un artiste, soucieux d'abord du travail bien fait en respectant les bases du métier avant d'en tirer des conclusions plus hasardeuses. Si les théories et les modèles évoluent, les observations fiables restent ; les siennes en font partie. Ses apports résisteront à l'épreuve du temps. S'en est allé également un homme de parole, sachant évaluer avec justesse les mérites de chacun, plein de bon sens pratique profondément enraciné dans son héritage sociétal du nord de la France.

Remerciements. — Je tiens à remercier diverses personnes qui m'ont aidé dans la rédaction de cette notice : la famille de Paul Celet qui m'a fourni plusieurs informations utiles, notamment sur sa jeunesse, ainsi que des photographies ; Monsieur Nicolas Détourné, du service « Gestion Individuelle Enseignants » de l'Université de Lille 1, qui m'a permis de reconstituer l'évolution de sa carrière à Lille ; Jacky Ferrière qui a relu et commenté une première ébauche du texte et donné une photographie ; Francis Meilliez pour certains rappels historiques, l'apport d'une photographie et la relecture du manuscrit ; un lecteur anonyme et enfin Alain Blicek pour ses conseils éditoriaux.

PUBLICATIONS DE PAUL CELET

BONTE A. & CELET P. (1954a). - Observations géologiques sur la Feuille de Renwez au 1/50 000. *Bulletin de la Carte Géologique de France*. Comptes rendus des Collaborateurs pour la campagne de 1953, **241-52** : 17-19.

BONTE A. & CELET P. (1954b). - Observations géologiques dans la région de Cléron (Doubs) (Feuille de Quingey au 1/50 000^e). *Bulletin de la Carte Géologique de France*, Comptes rendus des Collaborateurs pour la campagne de 1953, **241-52** : 117-121.

BONTE A. & CELET P. (1955). - Sur la signification des sédiments rouges et verts du Trias du Jura français. *Geologische Rundschau*, **45-2** : 342-350.

BONTE A., DELATTRE Ch. & CELET P. (1955). - Observations sur les environs de Péronne et de Bapaume. Feuille de Cambrai au 1/50 000^e. *Bulletin de la Carte Géologique de France*, Comptes rendus des Collaborateurs pour la campagne de 1954, **246-53** : 1-11.

CELET P. (1956). - La surface des marnes grises à *Terebratulina rigida* (Turonien moyen) sur la feuille de Cambrai à 1/80 000. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXXVI** : 14-24.

CELET P. (1957). - Recherches géologiques préliminaires dans le massif du Parnasse (Grèce). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **6** (7) : 571-583.

CELET P. (1958). - Existence d'une série crétacée allochtone dans la région occidentale du Parnasse (Grèce). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **6** (8) : 471-486.

AUBOUIN J., BRUNN J.H. & CELET P. (1958). - Les massifs du Klokova et du Varassova (Akarnanie). *Ann. Géol. Pays Helléniques*, **IX** : 256-259.

CELET P. (1959a). - Sur la géologie de la Grèce méridionale : remarque sur le Massif du Vardoussia. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXXIX** : 70-84.

CELET P. (1959b). - Observations sur la stratigraphie et la structure de l'Iti et de ses environs (Grèce méridionale moyenne). *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.* : 238.

CELET P. (1960a). - Sur la découverte de quelques gisements fossilifères éocènes en Grèce méridionale (Montagnes de l'Iti) et sur les faciès du Flysch dans cette région. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXXX** : 56-62.

CELET, P. (1960b). - Observations sur la tectonique de la région côtière méridionale des Massifs du Parnasse-Kiona. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **7** (2) : 427-434.

CELET P. & DELCOURT A. (1960). - Les terrains néogènes de Locride (Grèce orientale moyenne) : leur situation géologique et leur âge. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXXX** : 125-132.

AUBOUIN J., CELET P., BRUNN J.H., MERCIER J., GODFRIAUX I., DERCOURT J., LYS M., NEUMANN M., MARIE P., SIGAL J. & SORNAY J. (1960). - Le Crétacé supérieur en Grèce. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **7**(2) : 452-470.

CELET P. (1961). - Contribution à l'étude géologique du Parnasse-Kiona et d'une partie des régions méridionales de

la Grèce continentale. Thèse de doctorat : Sciences naturelles, Université de Lille, 3 vol. : 573 p. + 1 vol. pl.

AUBOUIN J., BRUNN J.H., CELET P., DERCOURT J., GODFRIAUX I. & MERCIER J. (1961). - Evolution paléogéographique et structurale des domaines méditerranéens et alpins d'Europe. In : Livre à la mémoire du Professeur Paul Fallot. *Mém. hors-série Soc. Géol. Fr.*, **II** : 583-610.

CELET P. (1962). - Contribution à l'étude géologique du Parnasse-Kiona et d'une partie des régions méridionales de la Grèce continentale. *Ann. Géol. Pays Helléniques*, **XIII** : 446 p.

CELET P. (1963a). - Extension de la zone du Parnasse en Grèce méridionale (Stratigraphie). *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXXXIII** : 275-280.

CELET P. (1963b). - Feuille de Cambrai au 1/80 000. *Carte géologique détaillée de la France*, **13**, 3e édition, Bureau de recherches géologiques et minières.

BONTE A., BROQUET P. & CELET P. (1963). - Observations sur le Bathonien de Bucilly (Aisne). *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXXXIII** : 195-196.

CELET P. (1964). - Structure de la bordure côtière occidentale de l'Hélicon (Grèce). *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXXXIV** : 177-181.

CELET P. (1966). - Remarques sur l'Albien et le Cénomaniens du sous-sol de Rozoy-sur-Serre (Aisne). *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXXXVI** : 221-224.

DREYFUSS M., KUNTZ G., BONTE A., CAQUINEAU X., CELET P., CONTINI D., CUSSEY R. & THÉOBALD N. (1967). - Feuille de Besançon au 1/50 000. *Carte géologique détaillée de la France*, **502**, Bureau de recherches géologiques et minières. [Réimpression en 1983].

CELET P., LERICHE M. & CHARVET J. (1968). - Feuille de Cambrai au 1/50 000. *Carte géologique détaillée de la France*, **36**, Bureau de recherches géologiques et minières.

CELET P. (1969). - Géologie du Cambrésis et des régions environnantes. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXXXIX** : 91-102.

CELET P. & CLÉMENT B. (1969). - Sur la géologie de l'Hélicon oriental. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **LXXXIX** : 191-200.

AUBOUIN J. & CELET P. (1970). - Introduction à la séance consacrée à la Géologie des Dinarides. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **7(6)** : 941-944.

AUBOUIN J., BLANCHET R., CADET J.-P., CELET P., CHARVET J., CHOROWICZ J., COUSIN M. & RAMPNOUX J.-P. (1970). - Essai sur la géologie des Dinarides. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **7(6)** : 1060-1095.

AUBOUIN J., BONNEAU M., CELET P., CHARVET J., CLÉMENT B., DÉGARDIN J.-M., DERCOURT J., FERRIÈRE J., FLEURY J.-J., GUERNET Cl., MAILLOT H., MANIA J., MANSY J.-L., TERRY J., THIÉBAULT F., TSOFLIAS P. & VERRIEZ J.-J. (1970). - Contribution à la géologie des Hellénides : le Gavrovo, le Pinde et la zone ophiolitique subpélagonienne. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **XC** : 277-306.

CELET P. & CLÉMENT B. (1971). - Sur la présence d'une nouvelle unité paléogéographique et structurale en Grèce continentale du sud : l'unité du flysch béotien. *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.* : 43.

CELET P. & LERICHE M. (1972). - Feuille de Bohain-en-Vermandois au 1/50 000. *Carte géologique détaillée de la France*, **49**, Bureau de recherches géologiques et minières.

CELET P., CLÉMENT B. & LEGROS G. (1974). - Sur la présence de flysch béotien dans le domaine du Parnasse (Grèce continentale). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **278**, série D : 1689-1692.

BONTE A. & CELET P. (1975). - Feuille de Quingey au 1/50 000. *Carte géologique détaillée de la France*, **529**, Bureau de recherches géologiques et minières.

CELET P. (1976). A propos du mélange de type «volcano-sédimentaire» de l'Iti (Grèce méridionale). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **7(2)** : 299-307.

CELET P., CLÉMENT B. & FERRIÈRE J. (1976). - La zone béotienne en Grèce: Implications paléogéographiques et structurales. *Eclogae Geol. Helv.*, **69(3)** : 577-599.

CELET P. (1977a). - Les bordures de la zone du Parnasse (Grèce). In : *Evolution paléogéographique au Mésozoïque et caractères structuraux* (Proceed. VI Coll. Geol. Aegean Region. IGME, Athens), **2** : 725-740.

CELET P. (1977b). - The Dinaric and Aegean arcs: the geology of the Adriatic. In: NAIRN A.E.M. *et al.* (eds), *The Ocean Basins and Margin*, **Vol. 4A**, Eastern Mediterranean, Chapter 5A. Plenum Press, New York : 215-262.

CELET P., FERRIÈRE J. & WIGNIOLLE E. (1977). - Le problème de l'origine des blocs exogènes du mélange à éléments ophiolitiques au Sud du Sperchios et dans le massif de l'Othrys (Grèce). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **7(4)** : 935-942.

CELET P., CADET J.-P., CHARVET J. & FERRIÈRE J. (1977). - Volcano-sedimentary and volcano-detritic phenomena of Mesozoic age in Dinarid and Hellenic Ranges: a comparison. In : BIJU-DUVAL B. & MONTADERT L. (eds), *International Symposium on the Structural History of the Mediterranean Basins* (Split, Yugoslavia, 25-29 October 1976). Technip, Paris : 35-46.

CELET P., COULOMBEAU Ch. & AGACHE R. (1978). - Feuille de Péronne au 1/50 000. *Carte géologique détaillée de la France*, **48**, Bureau de recherches géologiques et minières.

CELET P. & FERRIÈRE J. (1978). - Les Hellénides internes : le Pélagonien. *Eclogae Geol. Helv.*, **71(3)** : 467-495.

SOLAU J.-L., DUVAL O., MAUCORPS J., POMEROL C. & CELET P. (1978). - Feuille de Guise au 1/50 000. *Carte géologique détaillée de la France*, **50**, Bureau de recherches géologiques et minières.

CELET P., COURTIN B. & FERRIÈRE J. (1979). - Les ophiolites des Hellénides centrales dans leur contexte géotectonique. In : *Symposium sur les Ophiolites* (Chypre, avril 1979) : 360-371.

CELET P., CLÉMENT B., FERRIÈRE J. & THIÉBAULT F. (1980). - Tableau des principaux événements tectoniques, métamorphiques et magmatiques dans les Hellénides au cours du cycle alpin. In : 26e Congr. Géol. Intern. (Paris, 1980, Coll. C5 : Géologie des chaînes alpines issues de la Téthys). *Mém. BRGM*, **115** : 306-307.

BONNEAU M., CELET P., CLÉMENT B. & FERRIÈRE J. (1988). - La crise crétacée dans les Hellénides orientales. In : *III^e Congr. Geol. Soc. Greece* (Athènes) : 207-213.

CELET P., CLÉMENT B. & FERRIÈRE J. (1988). - Evolution géodynamique de la plate-forme pélagonienne au Mésozoïque. In : *III^e Congr. Geol. Soc. Greece* (Athènes) : 215-222.

CELET P., BERNARD D., FIÉVET J. & MAILLOT H. (1990). - Vulnérabilité de la nappe de la craie dans le Nord de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **CIX** [1989] : 93-100.

CELET P. (2003). - Contribution de Gosselet et de Barrois à la connaissance géologique de la région. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 2^e série, **10** (2-3) : 69-70.

LISTE DES MEMBRES DE LA SOCIETE GEOLOGIQUE DU NORD

Arrêtée au 2 octobre 2017, établie par Alain BLIECK & Fabien GRAVELEAU

Membres à perpétuité

Voir la note parue dans le tome 19 (2^e 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 (Belgique), Saintes (17)

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)

BDE (Bureau des étudiants) Géosciences Lille, Villeneuve d'Ascq (59)

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

ACQUART Raphaël, lycéen, Tournai (Belgique)

AMBERG Chloé, Département Sciences de la Terre, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)

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

AUGUSTE Patrick, paléontologue-archéozoologiste, chargé de recherche CNRS, UMR 8198 Evo-Eco-Paléo, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)

AVERBUCH Olivier, géologue structuraliste, maître de conférence, UMR 8187 LOG, Département Sciences de la Terre, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)

BAILLON Christophe, ingénieur, Lille (59)

BALESCU Sanda, géologue quaternariste, maître de conférence, Département Géographie et Aménagement, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)

BEAUCHAMP Niniane, technicienne, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)

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

BELIN Jean-Jacques, géologue, retraité de la Société «Filtres et crépines Johnson», Nomain (59)

BERNARD Renaud, étudiant, Département Sciences de la Terre, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)

BERREHOUC Géraldine, géologue, ingénieure en risques naturels, chargée de prévention des inondations pour l'EPAGA (Etablissement public d'aménagement et de gestion de l'Aulne).

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

BLANDIN Marie-Christine, sénatrice du département du Nord, Ronchin (59)

BLIECK Alain, paléontologue, directeur de recherche émérite au CNRS, UMR 8198 Evo-Eco-Paléo, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)

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

BOIVIN Clément, étudiant, Département Sciences de la Terre, Université de Lille – Sciences et technologies, 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)

BONNIERE Antoine, étudiant, Département Sciences de la Terre, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)

BOUSSIN Jean-Marie, géologue, responsable du Bureau d'Etude SEISM (59)

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 la société Schistes du Nord et du Pas-de-Calais (SNPC), Givenchy-en-Gohelle (62)

BUR Nicolas, maître de conférence, Polytech'Lille, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)

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, Chérens (59)

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

CREPIN Benoît, journaliste scientifique, Lille (59)

CUVELIER Jessie, ingénieure d'étude CNRS, UMR 8198 Evo-Eco-Paléo, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)

DANELIAN Taniel, paléontologue, professeur, UMR 8198 Evo-Eco-Paléo, Département Sciences de la Terre, Université de Lille – Sciences et technologies, 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)
- DELFOLIE Gérald, médiateur des sciences, responsable CSTI, Médiathèque d'Agglomération de Cambrai (59)
- DELVAL Thierry, enseignant en SVT au lycée Jean Monnet (Crépy-en-Valois), Pont-Sainte-Maxence (60)
- DESCHODT Laurent, géoarchéologue, INRAP, 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)
- DOFFE Michel, enseignant retraité, Seclin (59)
- DUCHAUSSOIS François, professeur de SVT retraité, Neuville-Saint-Amand (02)
- DUCHEMIN Renée, Inspectrice d'Académie - Inspectrice Pédagogique Régionale honoraire, Académie de Lille, Lille (59)
- DUPUIS Christian, géologue, professeur, Polytech'Mons, Mons (Belgique)
- DUPUIS Matthieu, doctorant, UMR 8187 LOG, Département Sciences de la Terre, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)
- EL KHATTABI Jamal, maître de conférence, Polytech'Lille (géologie de l'ingénieur), Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)
- FERRANDON Alain, retraité, Paris (75)
- GAULLIER Virginie, géologue, professeure, UMR 8187 LOG, Département Sciences de la Terre, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)
- GAYOT Philippe, Conservateur du patrimoine, président de l'Association des Conservateurs des Musées du Nord – Pas-de-Calais, La Madeleine (59)
- GIGAUX Alain, professeur de SVT retraité, trésorier de l'APBG, Sibiville (62)
- GIROUX Françoise, professeure de SVT retraitée, Lompret (59)
- 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 structuraliste, maître de conférence, UMR 8187 LOG, Département Sciences de la Terre, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)
- GUILLOT François, chercheur associé, UMR 8187 LOG, Département Sciences de la Terre, Université de Lille – Sciences et technologies, 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, département Histoire de la Terre, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (75)
- HOUSEN Pierre, retraité de l'Industrie Cimentière – Hoclin, Casteau – Soignies (Belgique)
- LACQUEMENT Frédéric, géologue, Bureau de recherches géologiques et minières, Orléans (45)
- 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 de Lille – Sciences et technologies, conservateur universitaire au Musée d'histoire naturelle, Lille (59)
- LECOMTE Justin, chargé d'études en hydrogéologie, hydrologie et hydromorphologie – CEREMA, Direction Nord Picardie, Sequedin (59)
- LEGRAND Jean-Marc, retraité, Cappelle-Brouck (59)
- LEGRAND Marie-France, retraitée, Cappelle-Brouck (59)
- LEGRAND Philippe, ingénieur, docteur d'université, Lempdes (63)
- LEGRAND Philippe, ingénieur géologue, retraité Exploration pétrolière, Gradignan (33)
- LEGRAND Victor, lycéen, Cappelle-Brouck (59)
- 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'Éducation nationale, membre de l'Association Echinologique et de la FFAMP, Steenwerk (59)
- LIOTARD-SCHNEIDER Frédérique, enseignante d'histoire et géographie, Lille (59)
- LOONES Christian, paléontologue, retraité du secteur hospitalier, Loos (59)
- MAILLET Sébastien, paléontologue, originellement au Département Sciences de la Terre, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)
- MAITTE Bernard, historien des sciences et cristallographe, professeur émérite, Département de Physique, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)
- MANIA Jacky, professeur honoraire, Polytech'Lille, Villeneuve d'Ascq (59)
- MARECHAL Christine, professeure des écoles, Coudekerque-Branche (59)
- MATRION Antoine, chargé de mission patrimoine, COMUE Lille Nord de France, Lille (59)
- MATRION Bertrand, paléontologue, Association Géologique Auboise, Pont-Sainte-Marie (10)
- MAVEL Joris, hydrogéologue, chef de projet, ICEA, Besançon (25)
- MEILLIEZ Francis, géologue, professeur émérite, UMR 8187 LOG, Département Sciences de la Terre, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)
- MISTIAEN Bruno, paléontologue, professeur émérite, Université Catholique de Lille – FLST & ISA, Lille (59)
- MONNET Claude, paléontologue, ingénieur de recherche, UMR 8198 Evo-Eco-Paléo, Département Sciences de la Terre, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)
- MORTIER Thierry, Polytech'Mons, Mons (Belgique)
- MOULLET Jean-Marc, La Madeleine (59)

- NICOLLIN Jean-Pierre, paléontologue, professeur, Université Catholique de Lille, Groupe ISA, Lille (59)
- NICOLLIN Sylvie, professeure de SVT, La Madeleine (59)
- NODIN Sabine, étudiante en Master Sciences de l'Antiquité, Université de Lille – Sciences humaines et sociales, Villeneuve d'Ascq (59)
- NOLF Dirk, chef de travaux honoraire, Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique (IRSNB), Sint-Andries (Belgique)
- NUTTEN Claire, sans profession, Spycker (59)
- NUTTEN Gwendoline, étudiante en BTS Analyses BioMédicales, Spycker (59)
- NUTTEN Jean-Bernard, étudiant, Université de Bretagne Occidentale, Spycker (59)
- NUTTEN Jean-Marc, instituteur spécialisé, Spycker (59)
- ODIC Morgane, étudiante, Université de Bretagne Occidentale, Caen (14)
- OUALI MEHADJI Abdelkader, enseignant-chercheur, Université d'Oran (Algérie)
- OUODOIRE Thierry, conservateur du patrimoine, Musée d'histoire naturelle, Lille (59)
- PAGNIER Grégoire, professeur de SVT, Charleville-Mézières (08)
- PAMART Laëtitia, enseignante, Jolimetz (59)
- PENISSON Jean-Pierre, président de la Société d'Histoire Naturelle des Ardennes, Bogny-s/Meuse (08)
- PICHARD Olivier, directeur d'étude Biodiversité au CEREMA (Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement), Saint-André-lez-Lille (59)
- PICKAERT Ludivine, responsable du Service Ressource en Eau - NOREADE, Bourghelles (59)
- PINTE Pierre, géologue, responsable Q.S.E. Carrières, Eiffage Travaux Publics Est, Noyelles-Godault (62)
- POTY Edouard, géologue, professeur émérite, Département de géologie, Université de Liège, Sart Tilman (Belgique)
- PRUDHOMME Agnès, PRAG (professeure agrégée), Département Sciences de la Terre, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)
- PRUVOST Luc, enseignant retraité, Bouvigny-Boyeffles (62)
- QUESNEL Bernard, retraité de l'enseignement technique, Calais (62)
- REYNAUD Jean-Yves, géologue sédimentologue, professeur, UMR 8187 LOG, Département Sciences de la Terre, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)
- RICOUR Jean, ingénieur géologue, retraité du BRGM, Marseille (13)
- ROBERT Nicolas, chargé d'étude géotechnique, St Quentin (02)
- 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)
- SARRAZIN-MICHAUX Nadine, retraitée de l'enseignement du second degré (professeur de SVT), Mouvaux (59)
- SCHIETTECATTE Jean, géologue pétrolier, retraité du Groupe Shell, Mouvaux (59)
- SILVA CARDENAS Tatiana, étudiante en géographie et aménagement, Université Paris-Sorbonne, Paris (75)
- SOMME Jean, professeur émérite, Département Géographie et Aménagement, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)
- STYZA André, ingénieur automaticien, formateur au Campus Véolia Nord Europe, Lomme (59)
- SWIALKOWSKI Mickaël, professeur de SVT, Leforest (62)
- TIEGHEM Gilbert, Wattrelos (59)
- TRENTESAUX Alain, géologue sédimentologue, professeur, UMR 8187 LOG, Département Sciences de la Terre, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)
- VACHARD Daniel, retraité du CNRS, Gruson (59)
- VANDENBERGHE Noël, géologue, professeur émérite, Katholieke Universiteit Leuven (Belgique)
- VANDYCKE Sara, géologue, professeure, Polytech'Mons, Mons (Belgique)
- VAN WELDEN Aurélien, géologue pétrolier, CGG Norvège (Oslo)
- VERGNE Virginie, maître de conférences, Département Géographie et Aménagement, Université de Lille – Sciences et technologies, Villeneuve d'Ascq (59)
- VERNIERS Jacques, paléontologue, professeur retraité de l'Université Gent (Belgique)
- VIDIER Diane, géologue, retraitée de la SNCF, Coulogne (62)
- VILAPLANA Françoise, retraitée, Hoymille (59)
- VILAPLANA José, retraité, Hoymille (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)

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 et que le ou les auteurs respecte(nt) la charte de « Politique et éthique éditoriales » de la 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 nomenclatureaux 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

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) ;

- **Dépôt dans ZooBank** des actes nomenclatureaux (au sens du *Code International de Nomenclature Zoologique*, 1999) publiés dans les articles de paléontologie : les *Annales de la SGN* étant mises en ligne au format numérique en libre accès après une période d'embargo d'un an suivant leur parution, il est demandé aux auteurs d'enregistrer leurs actes nomenclatureaux - AVANT la soumission de leurs articles – sur le *Official Registry of Zoological Nomenclature* (ZooBank) à l'adresse suivante : www.zoobank.org (voir www.iczn.org/content/about-zoobank) ; concernant les articles de paléobotanique, les auteurs se référeront à : Knapp *et al.* 2011, Changes to publication requirements made at the XVIII International Botanical Congress in Melbourne - what does e-publication mean for you? *BMC Evolutionary Biology*, 11: 251-254 (voir le *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants*).

- 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 & Dupond (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^{ème} NOM Initiale du prénom, etc. (Année). — Titre. *Revue*, **Volume** [en gras] : pages.

NOM Initiale du prénom, 2^{ème} NOM Initiale du prénom, etc. (Année). — *Titre du livre ou du volume*. Collection [facultatif] ; Editeur, Ville : pages.

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

NOM Initiale du prénom, 2^{ème} NOM Initiale du prénom, etc. (Année). — Titre. *In* : NOM Initiale du prénom, 2^{ème} 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^{er} 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^{er} 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, qui transmettra à l'imprimeur.

Conditions de publication aux Annales

Un membre SGN doit 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 dépassement (texte ou planche) en N&B est fixé à 10 €, et en couleurs à 25 €, avec une possibilité de réduction de la facturation au cas par cas, sur décision du Conseil d'administration (*).

Pour les non-membres ou des personnes devenues membres depuis moins de 3 ans, s'il s'agit d'un article qui est sollicité dans le cadre, par exemple, d'une séance thématique de la SGN, une franchise de pages peut être accordée par le Conseil Scientifique et Editorial de la SGN au cas par cas, en fonction en particulier des possibilités financières de la Société. Pour les non-membres, le prix d'une page de texte de dépassement (texte ou planche) en N&B aux *Annales* est de 20 €, et en couleurs de 50 €. (**)

(*) 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.

(**) Si un article qui a été sollicité par la SGN dépasse le nombre de pages de franchise alloué, 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, ou le Président de la Société : 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: (i) that it is not being simultaneously offered for publication elsewhere, and (ii) that the author(s) of the paper follow(s) the “Publication policy & ethics” guidelines of the *Annales*. 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

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);

- **Registration in ZooBank** of all nomenclatural acts (*sensu* the *International Code of Zoological Nomenclature*, 1999) published in papers of palaeontology: the *Annales de la SGN* are published online in numerical format and in open access after an embargo period of one year following its definitive published version; so, authors are asked to register their nomenclatural acts – BEFORE submission of their papers – in the *Official Registry of Zoological Nomenclature* (ZooBank) at the following URL address : www.zoobank.org (see www.iczn.org/content/about-zoobank) ; as concerned with papers of palaeobotany, authors will refer to : Knapp *et al.* 2011, Changes to publication requirements made at the XVIII International Botanical Congress in Melbourne - what does e-publication mean for you? *BMC Evolutionary Biology*, 11: 251-254 (cf. *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants*).

- 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), (Dupond, 1956), (Dupond, 1956, 1981), Dupont & Martin (2003), (Dupont & Martin, 2003), Dupont & Dupond (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), 2nd NAME First name initial(s), etc. (Year). — Title. *Journal*, **Volume** [in bold] : pages.

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

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

NAME First name initial(s), 2nd NAME First name initial(s), etc. (Year). — Title. *In*: NAME First name initial(s), 2nd 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, 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 B&W page (either text or plate) is rated at 10 €, each exceeding colour page (either text or plate) is rated at 25 €. 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 (*).

For non-members or colleagues who have been members for less than 3 years, if the submitted paper has been requested by the SGN (for instance in the frame of a thematic session), a set of free-of-charge pages may be offered by the SGN Scientific and Editorial Committee, according to the financial possibilities of the Society. For non-members, each exceeding B&W page (either text or plate) is rated at 20 €, each exceeding colour page (either text or plate) is rated at 50 €. (**)

(*) 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.

(**) In case of a paper which has been asked for by the Society, and is more than the number of free-of-charge pages offered, 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, or the President of the Society : sgn-president@univ-lille1.fr.

Catalogue des éditions de la Société Géologique du Nord (*) en vente au siège de la Société ou expédiées par courrier

Annales de la Société Géologique du Nord

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

Chaque Tome ordinaire des <i>Annales</i> (dans la limite de disponibilité des anciens numéros)	10 €
La série complète des <i>Annales</i> (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

Les Tables générales n° 5 et 6 des *Annales*, des *Mémoires* et des *Publications* sont accessible en ligne en version numérique : <http://sgn.univ-lille1.fr/sgn.php?page=Publications> ; la Table 6 a été imprimée dans le Tome 20 (2013) des *Annales*.

N. B. - Les Tables générales 1 à 5 des *Annales* et des *Mémoires* (1870 à 1979), les tomes I à CIX (1^{ère} série, 1875-1989) et 1 à 19 (2^e série, 1991-2012) 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 en histoire des sciences de l'Université de Lille) aux adresses suivantes : <http://iris.univ-lille1.fr/handle/1908/32/browse> et <http://iris.univ-lille1.fr/handle/1908/75/browse>. 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*

<i>Constant Prévost – Coup d'œil rétrospectif sur la géologie en France pendant la première moitié du XIX^e siècle</i> , par GOSSELET J. (<i>Ann. SGN</i> , XXV : 346 p., 1896)	15 €
<i>Contribution à la connaissance des bassins paléozoïques du Nord de la France (avec l'Ecorché géologique infra-mésozoïque)</i> , par C.F.P.(M.), COPESEP & S.N.P.A. (<i>Ann. SGN</i> , LXXXV (3), 1965)	15 €
<i>Géologie du Nord de la France</i> (<i>Ann. SGN</i> , LXXXIX (1), 1969)	10 €
<i>Rapport des Travaux du Centenaire 1870-1970</i> (<i>Ann. SGN</i> , XC (4), 1970, publié 1971)	15 €
<i>Rupture des roches et massifs rocheux</i> (<i>Ann. SGN</i> , XCV (3), 1975)	10 €
<i>Données nouvelles sur le Paléozoïque de l'Europe occidentale</i> (<i>Ann. SGN</i> , XCVI (4) et XCVII (1), publié 1977)	15 €
<i>Apports récents à la géologie du Gondwana</i> (<i>Ann. SGN</i> , XCVII (4), 1977, publié 1978)	15 €
<i>Géologie de l'Europe, du Précambrien aux bassins sédimentaires post-hercyniens</i> (<i>Ann. SGN</i> , XCIX (1), 1979, publié 1980)	20 €
<i>Géologie appliquée aux problèmes d'énergie et de matières premières</i> (<i>Ann. SGN</i> , CII (2), 1982)	10 €
<i>Tectonique cassante en distension et coulissement</i> (<i>Ann. SGN</i> , CIII (2-3), 1983, publié 1984)	20 €
<i>Aspects de la géologie de l'Ardenne, hommage au Professeur Beugnies</i> (<i>Ann. SGN</i> , CV (2), 1985, publié 1986)	10 €
<i>Paléozoïque supérieur continental</i> (<i>Ann. SGN</i> , CVI (2), 1986, publié 1987)	15 €
<i>Actualisation de quelques thèmes géologiques – Conférences</i> (<i>Ann. SGN</i> , CVI (4), 1986, publié 1988)	10 €
<i>Aspects de la géologie du Gondwana</i> (<i>Ann. SGN</i> , CVII (1), 1987, publié 1988)	10 €
<i>Géologie et aménagement régional</i> (<i>Ann. SGN</i> , CIX (1-2), 1989, publié 1990)	15 €
<i>Le Nord et son environnement géologique</i> (<i>Ann. SGN</i> , 2 ^e série, 2 (1), publié 1993)	10 €
<i>Le Jurassique du Boulonnais</i> (<i>Ann. SGN</i> , 2 ^e série, 4 (4), 1996)	8 €
Séance spécialisée - bassins houillers du nord de la France et du sud de la Belgique (<i>Ann. SGN</i> , 2 ^e série, 5 (1), 1997)	8 €
Dossier consacré au Dévonien de l'Ougarta (Sahara occidental, Algérie) (<i>Ann. SGN</i> , 2 ^e série, 5 (2), 1997)	8 €
<i>La craie : objet géologique, réservoir, matériau et paysage</i> (<i>Ann. SGN</i> , 2 ^e série, 5 (3) et 5 (4), 1997)	15 €
<i>Colloque Artois-Brabant</i> (<i>Ann. SGN</i> , 2 ^e série, 6 (2), 1998)	8 €
<i>North Gondwana Mid-Palaeozoic Bioevent / Biogeography patterns in relation to crustal dynamics</i> (IGCP 421, Isfahan) (<i>Ann. SGN</i> , 2 ^e série, 7 (1) et 7 (2), 1999)	15 €
<i>2^e Journées Nationales du Patrimoine Géologique</i> (<i>Ann. SGN</i> , 2 ^e série, 7 (4), 2000)	15 €
<i>New systematic and palaeobiogeographic data from the Palaeozoic of Central Iran</i> (<i>Ann. SGN</i> , 2 ^e série, 8 (2), 2000)	8 €
<i>The Cambrian and Lower Ordovician of the southern Montagne Noire (Languedoc, France) – A synthesis for the beginning of the new century</i> (<i>Ann. SGN</i> , 2 ^e série, 8 (4), 2001)	8 €
<i>La nouvelle carte géologique de Marquise (Ed. 2000)</i> (<i>Ann. SGN</i> , 2 ^e série, 9 (1-2), 2002)	15 €
<i>Centenaire du Musée Gosselet</i> (<i>Ann. SGN</i> , 2 ^e série, 10 (2-3), 2003)	15 €
<i>Dossier spécial : Stratigraphie du Paléozoïque</i> (<i>Ann. SGN</i> , 2 ^e série, 11 (4), 2005)	8 €
<i>GeoReg – Géosciences des régions de France et des pays environnants</i> (<i>Ann. SGN</i> , 2 ^e série, 19, 2012)	35 €
<i>Les enjeux « naturels » du développement urbain (séance A. Bonte) & 6^e Table générale</i> (<i>Ann. SGN</i> , 2 ^e série, 20, 2013)	35 €
<i>Ressource en eau du bassin Artois-Picardie et Journée géoarchéologie</i> (<i>Ann. SGN</i> , 2 ^e série, 22, 2015)	35 €

Mémoires de la Société Géologique du Nord : derniers tomes disponibles

Tome I	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 €
Tome VI	n° 1. — P. BERTRAND, Etude du stipe de l' <i>Adelophyton jutieri</i> , B. Renault, 1907, 38 p., 4 pl.	7,00 €
Tome VIII	n° 2. — Ed. LEROUX, Le tunnel de l'Ave Maria, 1929, 50 p., 5 pl.	10,00 €
Tome IX	n°1. — G. LUBAR, Etude sur le Lias des Pyrénées françaises, 1925, 332 p., 7 pl.	30,00 €
Tome X	n° 2. — J. LAVERDIERE, Terrains paléozoïques des Pyrénées occidentales, 1931, 132 p., 8 pl.	14,00 €
Tome XII	— D. LE MAITRE, Faune des calcaires dévoniens du Bassin d'Ancenis, 1934, 268 p., 18 pl.	30,00 €
Tome XIII	— P. BRICHE <i>et al.</i> , Flore infraliasique du Boulonnais, 1963, 145 p., 11 pl.	25,00 €
Tome XIV	— G. WATERLOT, Les Gigantotracsés du Siluro-Dévonien de Liévin, 1966, 23 p., 5 pl.	7,00 €
Tome XV	— J. MANIA, Gestion des Systèmes aquifères. Application au Nord de la France, 1978, 228 p.	15,00 €
Tome XVI	— 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 €
Tome XVII	— 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, 2014, 183 p., illustré	40,00 €

Publications de la Société Géologique du Nord : tomes disponibles

- Publication N° 1.** — 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 €
- Publication N° 2.** — 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. [volume de texte épuisé ; carte disponible] 5,00 €
- Publication N° 3.** — J. ANGELIER (1979) Néotectonique de l'arc égéen, 417 p., 29 pl. 11,00 €
- Publication N° 4.** — 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 €
- Publication N° 5.** — M. COUSIN (1981) Les rapports Alpes-Dinarides. Les confins de l'Italie et de la Yougoslavie ; 2 vol., 521 + 521 p. 12,00 €
- Publication N° 6.** — F. THIEBAULT (1982) L'évolution géodynamique des Héliénides externes en Péloponnèse méridionale (Grèce) ; 2 vol., 574 p., cartes hors texte. 14,00 €
- Publication N° 7.** — P. DE WEVER (1982) Radiolaires du Trias et du Lias de la Téthys (Systématique, Stratigraphie) ; 2 vol., 599 p., 58 pl. 13,00 €
- Publication N° 8.** — 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 €
- Publication N° 9.** — H. MAILLOT (1983) Les Paléoenvironnements de l'Atlantique Sud : Apport de la géochimie sédimentaire, 316 p. 9,00 €
- Publication N° 10.** — Cl. BROUSMICHE (1983) Les Fougères sphénoptériennes du Bassin Houllier Sarro-Lorrain (Systématique – Stratigraphie) ; 2 vol., 480 p., 100 pl. 15,00 €
- Publication N° 11.** — 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 €
- Publication N° 12.** — T. HOLTZAPFFEL (1986) Les minéraux argileux. Préparation, analyses diffractométriques et détermination ; 136 p. 6,00 €
- Publication N° 13.** — 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 €
- Publication N° 14.** — C. BECK (1986) Géologie de la Chaîne Caraïbe au méridien de Caracas (Venezuela) ; 462 p., 4 pl., 1 carte hors texte. 10,00 €
- Publication N° 15.** — J.-M. DEGARDIN (1988) Le Silurien des Pyrénées : Biostratigraphie, Paléogéographie ; 506 p., 16 pl. 10,00 €
- Publication N° 16.** — 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 €
- Publication N° 17.** — 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 d'un système 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 €
- Publication N° 18.** — 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 €
- Publication N° 19.** — C. LAMOUREUX (1991) Les mylonites des Pyrénées. Classification. Mode de formation. Evolution ; 371 p., 9 pl. 11,00 €
- Publication N° 20.** — 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 €
- Publication N° 21.** — 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 €
- Publication N° 22.** — N. FAGEL (1994) Flux argileux du Néogène au Quaternaire dans l'Océan Indien Nord, mise en évidence et interprétation ; 265 p. 11,00 €
- Publication N° 24.** — 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 €
- Publication N° 25.** — 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 €
- Publication N° 26.** — 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 €
- Publication N° 27.** — E. VENNIN (1997) Architecture sédimentaire des bioconstructions permo-carbonifères de l'Oural méridional (Russie) ; 350 p. 13,00 €
- Publication N° 28.** — 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 €
- Publication N° 30.** — R. PLATEVOET (2001) Diversité des formations pyroclastiques s.l. du strato-volcan du Cantal au Miocène (Massif central français). Elaboration d'une méthodologie de corrélation ; 271 p. 12,00 €
- Publication N° 31.** — 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 €
- Publication N° 32.** — 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 €
- Publication N° 33.** — C. DERYCKE-KHATIR (2005) Microrestes de vertébrés du Paléozoïque supérieur de la Manche au Rhin ; 261 p., 35 pl. 14,00 €

Autres éditions

Esquisse géologique du Nord de la France, Fascicule IV : *Terrains quaternaires*, par J. Gosselet (1903) ; texte imprimé + planches sur CD [ou en fac-similé] 10 €

Des roches aux paysages dans le Nord – Pas-de-Calais – Richesse de notre patrimoine géologique (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 **épuisé**

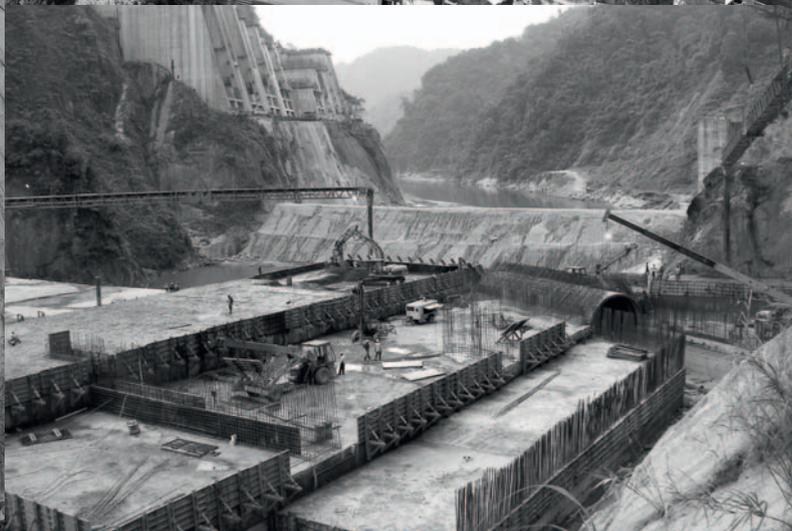
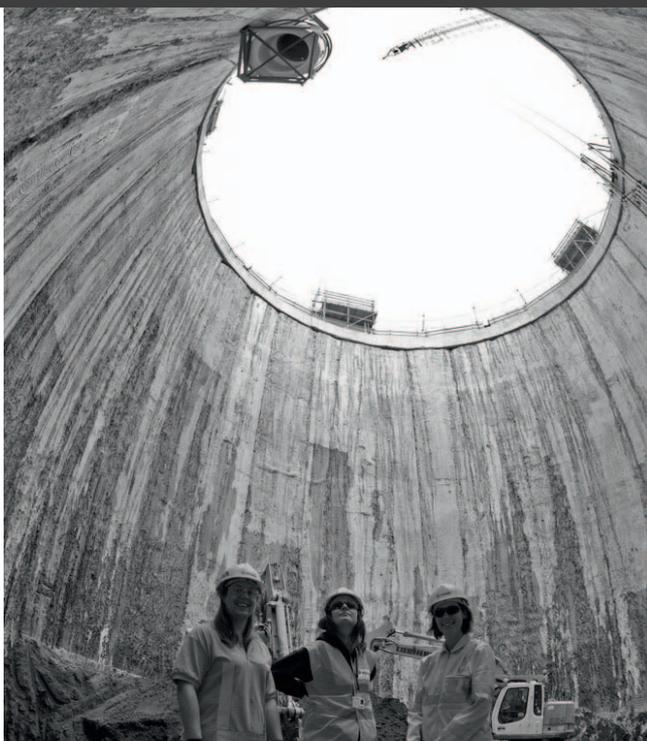
[ce livre ainsi que les autres publications de la SGN sont accessibles dans de nombreuses bibliothèques : bibliothèque de l'Université de Lille – Sciences et Technologies, de l'UMR 8198 du CNRS, bibliothèque de la Ville de Lille, au Conservatoire d'Espaces Naturels, à l'APBG, etc.]

(*). Veuillez noter que les prix ci-dessus sont TTC (TVA 20 % incluse) mais hors frais de port et d'emballage. Un tarif réduit de 20% est accordé aux membres de la SGN. Les prix sont augmentés des frais de port et d'emballage quand les volumes ne sont pas pris directement au dépôt.

Les chèques, tirés sur une banque française uniquement, sont à adresser à la Société Géologique du Nord. Pour tout autre moyen de paiement, veuillez consulter la Trésorière, Mme Renée DUCHEMIN : ducheminrenee@yahoo.fr
Les commandes sont à envoyer à : Société Géologique du Nord, Mme la Trésorière, c/o Université de Lille – Sciences et Technologies, bâtiment SN5 (Sciences de la Terre), 59655 Villeneuve d'Ascq cedex (France).
Le catalogue avec son bon de commande est téléchargeable sur le site Web : <http://sgn.univ-lille1.fr>



CONSTRUIRE SUR DU SOLIDE



www.soletanche-bachy.com

Antenne Nord Picardie

6^{ème} rue du Port Fluvial

BP 7 - Santes

59536 Wavrin cedex

Tél.: 03 20 50 92 92 / Fax: 03 20 50 93 83

guillaume.catel@soletanche-bachy.com

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1



SOLETANCHE BACHY

SOMMAIRE

Tome 24 (2^e série)

parution 2017

	Pages
Avant-propos : vie de la Société.....	3
La Société géologique du Nord il y a 50 ans.	11
SÉANCE « Bassin Minier du Nord - Pas-de-Calais (Lewarde, 8 février 2017)	
Francis MEILLIEZ. — Le Bassin houiller du Nord – Pas-de-Calais en 2017	13
Francis MEILLIEZ. — Héritages de l'exploitation industrielle et scientifique du gisement houiller du Nord et du Pas-de-Calais (Carbonifère supérieur), une longue histoire (XVII ^e – XXIV ^e siècles)	17
Fabien GRAVELEAU, Olivier AVERBUCH, Benoît CREPIN & Thierry OUDOIRE. — Projet de modélisation en 4-d du Bassin houiller du Nord – Pas-de-Calais : des tables de verre du Musée de Lille à une modélisation géométrique et tectonique par ordinateur	33
Jessie CUVELIER & Thierry OUDOIRE. — Les roches et fossiles du Bassin minier du Nord – Pas-de-Calais : un héritage remarquable du Musée houiller de Lille	43
Virginie MALOLEPSZY. — Le Centre historique minier, centre de ressources pour la recherche	51
Catherine BERTRAM. — Le Bassin minier du Nord – Pas-de-Calais, un patrimoine diversifié à valoriser	55
Sandrine LEMAL & Francis MEILLIEZ. — L'après-mine, un nouveau chapitre scientifique du Bassin houiller du Nord – Pas-de-Calais	59
Gaëlle NEVEU. — Un laboratoire en vraie grandeur de l'après-mine : quels paysages à venir ?	69
Carole BURROW & Damien GENDRY. — Lost and found <i>Machaeracanthus</i> spines from the Lower Devonian of western France	71
Jacques CHARVET. — Paul CELET (1925-2016)	79
Liste des membres de la Société géologique du Nord.....	87
Instructions aux auteurs / Instructions to authors.....	91
Catalogue des éditions.....	95

© 2017 Société Géologique du Nord Editeur, Villeneuve d'Ascq

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)