

TONGRES-HERDEREN

**Bernard MOTTEQUIN
&
Jean-Marc MARION**

Université de Liège
Service de Paléontologie Animale et Humaine
Sart-Tilman, B18, B-4000 Liège 1
e-mail : bmottequin@ulg.ac.be
jmmarion@ulg.ac.be

Photographie de couverture :
La carrière du Romont à Eben-Emael et vertèbre de mosasaure

NOTICE EXPLICATIVE

Document définitif déposé le 05/09/2012 à la Direction des Risques industriels, géologiques
et miniers (cellule sous-sol/géologie)

Les cartes géologiques de Tongres et de Herderen sont disponibles via les liens suivants :
<http://hdl.handle.net/2268/82847> et <http://hdl.handle.net/2268/82851>

Résumé

Situé aux confins de la province de Liège, la partie wallonne de la feuille Tongres-Herderen correspond à un vaste plateau limoneux disséqué par le Geer et par de nombreuses vallées sèches de direction générale N-S, SW-NE et SE-NW, qui sont typiques de cette partie de la Hesbaye.

Le sous-sol se divise en trois ensembles lithologiques séparés par des discordances :

- le socle paléozoïque affleure uniquement dans le fond de la vallée du Grand Aaz où il est représenté par les dépôts détritiques du Groupe houiller d'âge namurien (Carbonifère). Ceux-ci appartiennent au bord septentrional du bassin houiller de Liège ;
- les terrains créacés s'étagent du Campanien inférieur au Maastrichtien supérieur. Ils débutent par les craies argileuses et glauconieuses de la Formation de Vaals surmontées par les craies de la Formation de Gulpen. La succession créacée se termine par les calcarénites de la Formation de Maastricht qui sont particulièrement riches en silex dans leur partie inférieure (Membre de Lanaye) ;
- les terrains cénozoïques sont représentés par les dépôts sableux de la Formation de Sint-Huibrechts-Hern (Oligocène), les loess et les alluvions quaternaires.

Les formations créacées inclinent faiblement vers le N ou le NNW et reposent sur le socle paléozoïque qui a été plissé lors des orogènes calédonienne (uniquement les dépôts cambro-siluriens) et varisque.

Les formations créacées de Gulpen et de Maastricht représentent la principale ressource minérale de la région. Elles ont été largement exploitées par le passé et le sont encore au moment de la rédaction de cette notice puisqu'elles servent à la production de ciment et de clinker. A l'origine, les calcarénites (tuffeaux) de la Formation de Maastricht ont été extraites pour la production de pierres de taille. La nappe aquifère contenue dans la Formation de Gulpen est également fortement sollicitée.

1. Introduction

1.1. Etablissement de la carte

Le levé de la carte Tongres-Herderen (feuilles n°34/5-6) a été effectué entre 2009 et 2010 par l'équipe de l'Université de Liège, dans le cadre du Programme de Révision de la Carte géologique de Wallonie.

Ce programme a été commandité et financé par le Ministère de la Région wallonne (Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement), en application d'une décision du Gouvernement wallon du 9 avril 1992, faisant suite à un programme pilote, qui avait débuté en 1990.

Collaborent à ce programme l'Université de Liège, l'Université Catholique de Louvain, l'Université Libre de Bruxelles, l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique (Service géologique de Belgique) et l'Université de Mons.

La nouvelle Carte géologique de Wallonie a été levée et élaborée sur base lithostratigraphique, en respectant les règles du Code stratigraphique international (Hedberg, 1976). Priorité est donc donnée aux caractères lithologiques des ensembles cartographiés, afin de répondre aux besoins du plus grand nombre d'utilisateurs.

La carte géologique de Wallonie comprend 142 feuilles à 1/25 000, le découpage étant celui des anciennes éditions des cartes topographiques de l'Institut géographique national (I.G.N.). Chaque carte publiée couvre normalement une feuille ; toutefois, pour des raisons de cohérence, il arrive qu'une ou deux feuilles partielles contigües soient publiées avec la feuille principale.

Les levés ont été réalisés à l'échelle du 1/10 000 ; le présent document à l'échelle du 1/25.000 en constitue une réduction et une synthèse. La carte géologique est basée sur le levé d'unités lithostratigraphiques, c'est-à-dire d'unités de nature lithologique homogène et de position stratigraphique définie (formations et membres), ainsi que sur l'interprétation des relations spatiales entre celles-ci.

Ce document constitue la seconde édition la carte géologique Tongres-Bassenge. Publiée en 1903 à l'échelle du 1/40 000 par la Commission géologique de Belgique, la première édition fut réalisée par E. Van den Broeck avec le concours d'H. Forir pour le terrain houiller. Il faut également y ajouter les cartes géologiques détaillées couvrant le territoire de la feuille Tongres-Herderen publiées par Claes *et al.* (2001), W. M. Felder *et al.* (1984, 1989) et Ruyters *et al.* (1995).

Les tracés géologiques ont été établis à partir :

- d'un travail d'observation sur le terrain : 93 points d'affleurements ont été répertoriés (16 sur la feuille de Tongres et 77 sur celle d'Herderen) ;
- des données figurant dans les « minutes de la Carte géologique de Belgique », archivées au Service géologique de Belgique et contrôlées autant que possible par de nouvelles observations sur le terrain ;
- de diverses informations conservées au sein des universités et institutions de recherche ou publiées dans des ouvrages et des articles scientifiques dont les références sont reprises à la fin de ce livret ;
- de l'interprétation des photographies aériennes, réalisées par l'Institut géographique national et le Ministère des Travaux publics, et satellitaires (Google Earth, PICVerts, etc.).

Le dossier relatif à cette nouvelle carte comprend notamment les documents suivants :

- deux cartes géologiques détaillées à l'échelle du 1/10 000 ;
- deux cartes à l'échelle du 1/10 000 localisant les points et sondages décrits ;
- les fiches descriptives des points et sondages décrits, réactualisant les données figurant dans le dossier « Minutes de la Carte géologique de Belgique ».

Ces documents peuvent être consultés :

- à la Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement, avenue Prince de Liège 15, B-5100 Jambes (SENSICOM et Cellule Sous-sol/Géologie) ;

- à l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique (Service géologique de Belgique), rue Jenner 13, B-1000 Bruxelles.

La Carte géologique de Wallonie, avec l'intégralité des notices, peut être consultée de manière interactive sur le site Internet du Programme, à l'adresse suivante :

<http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartegeologique/>

ou via le Portail cartographie de la Région wallonne :

<http://cartographie.wallonie.be/NewPortailCarto/index.jsp>

Avertissement : certaines données reportées sur la carte ne le sont qu'à titre indicatif, et pas exhaustif. C'est en particulier le cas pour les captages, les carrières, les puits de mines, les phénomènes karstiques, etc. Il s'agit en général d'ouvrages ou de phénomènes remarquables ou utiles à reconnaître. Des renseignements plus complets sur ces différentes couches d'informations peuvent être obtenus auprès de l'Administration régionale ainsi que sur son site Internet.

Les auteurs remercient E. Juvigné et L. Willems qui leur ont aimablement fait bénéficier de leurs connaissances de la région cartographiée ainsi que les relecteurs M. Aretz et M. Dusar pour leurs remarques pertinentes.

1.2. Cadre géologique et géographique

La carte Tongres-Herderen (34/5-6) a enregistré l'essentiel des grands événements qui ont affecté le sous-sol de la Wallonie depuis le début du Paléozoïque et qui peuvent se résumer de la manière suivante :

- dépôt d'une série sédimentaire d'âge cambrien à silurien ;
- plissement calédonien, érosion et pénéplanation ;
- dépôt, en discordance sur ce socle calédonien, d'une série sédimentaire d'âge dévonien et carbonifère ;
- plissement varisque, érosion et pénéplanation ;
- dépôt discontinu, en discordance sur les socles varisque et calédonien, de sédiments mésozoïques (Crétacé) et cénozoïques ; ces derniers étant eux-mêmes discordants sur les précédents.

Fig. 1. Situation de la feuille 34/5-6 dans le contexte géologique général de la Belgique.

Bien que les terrains paléozoïques affleurent à peine sur le territoire cartographié, il convient de distinguer d'une part ceux d'âge cambro-silurien appartenant au Massif du Brabant (non recoupés par sondage), qui occupent la majeure partie de la carte, et d'autre part ceux d'âge dévono-carbonifère appartenant au bord nord du bassin de Liège (voir paragraphe 4.3 pour plus de détails). Ces derniers sont séparés du Massif du Brabant par l'intermédiaire de la Faille bordière (Legrand, 1968). Les dépôts paléozoïques reconnus en surface sont datés du Carbonifère (Namurien), mais des couches plus anciennes (Viséen supérieur) ont été recoupées par le sondage de Houtain-Saint-Siméon (Bouckaert & Graulich, 1966). A la fin du Westphalien, la structuration par l'orogénèse varisque s'est traduite par un raccourcissement suivant une orientation générale SSE-NNW et a engendré le plissement des formations

paléozoïques en une série de synclinoria et d'anticlinoria successifs. En outre, ces derniers ont été affectés par des failles longitudinales de chevauchement. Cet ensemble plissé fait partie de la zone rhénohercynienne de l'orogénèse varisque, dont il constitue la partie la plus septentrionale (fig. 1).

Le socle paléozoïque pénéplané a été recouvert par des sédiments marins d'âge crétacé et tertiaire.

Située au nord de Liège, non loin de la frontière hollandaise, la portion cartographiée de la feuille Tongres-Herderen est une région de contrastes entre la vallée du Geer, caractérisée par une urbanisation importante, et les bas-plateaux limoneux dévolus aux cultures. Cette région couvre une partie de la Montagne Saint-Pierre qui correspond à la retombée du plateau hesbignon comprise entre les basses vallées du Geer et de la Meuse. Du point de vue administratif, la partie wallonne de la carte couvre des portions de territoire appartenant aux communes de Bassenge, Fexhe-Slins, Oupeye et Visé.

Le Geer traverse le territoire de la feuille de part en part selon une orientation générale SW-NE, et se jette dans la Meuse à Maastricht (Pays-Bas). L'altitude varie entre 52 m dans la plaine alluviale de la Meuse à Loën et 162,5 m au lieu-dit Sur le Sart, au SE de Houtain-Saint-Siméon.

Outre la Meuse et le Canal Albert situés en bordure orientale de la présente carte, les principaux axes de communication sont l'autoroute E 313 reliant les villes de Liège et d'Anvers et les lignes de chemin de fer n° 24 (Glons-Plombières) et n° 34 (Liège-Hasselt).

Signalons que la région cartographiée est proche de la ville de Maastricht où se situe le stratotype du Maastrichtien (Montagne Saint-Pierre) qui correspond à l'étage terminal du Crétacé (Robaszynski, 2006).

2. Description des formations-Lithostratigraphie

2.1. Introduction

Les formations utilisées dans le cadre du lever de la carte ont été décrites ou précisées dans les travaux de synthèse suivants :

- Carbonifère (Namuro-Westphalien) : Delmer *et al.* (2002) ;
- Crétacé : Robaszynski *et al.* (2002) ;
- Paléogène : Laga *et al.* (2002).

Le degré de précision de ces descriptions est tributaire de la qualité des affleurements sur l'aire couverte par la carte et sa proximité immédiate. C'est la raison pour laquelle certaines d'entre elles sont parfois plus détaillées que d'autres. Les références mentionnées ici ne concernent que les observations réalisées sur le territoire étudié ; la bibliographie présentée à la fin de la notice sera utilement complétée par celle dressée par Vandenven (1993) pour la feuille 107 (Tongres-Herderen).

2.2. Description

2.2.1. Les terrains paléozoïques

2.2.1.1. Remarques

Signalons que la Faille bordière (Legrand, 1968) est supposée traverser la planchette et que, par conséquent, la partie occidentale du socle est constituée par les séries cambro-siluriennes appartenant au Massif du Brabant. Cependant, aucun puits de sondage ne les a recoupées sur le territoire de la carte Tongres-Herderen.

2.2.1.2. Le Carbonifère

Groupe houiller (HOU)

Origine du nom : en référence à la houille qui a été intensivement exploitée en Wallonie (Renier, 1912).

Seule la partie inférieure du Groupe houiller, caractérisée par la rareté des niveaux charbonneux, a été reconnue en surface ; cette dernière comprend classiquement la Formation de Chokier à sa base et celle d'Andenne à son sommet. Faute de coupes représentatives, il est toutefois impossible de distinguer ces deux formations. Dans l'unique affleurement où il a été observé, le Groupe houiller est constitué de grès, de siltites et de shales noirs mais, dans le sondage de Houtain-Saint-Siméon, Bouckaert & Graulich (1966) y ont en outre observé des shales noirs micacés, ampélitiques, fréquemment pyriteux, voire siliceux (phtanites) qui ont livré des faunes marines (*Posidoniella*, brachiopodes, crinoïdes et trilobites) et des débris de végétaux. Ces niveaux pourraient être rangés au sein de la Formation de Chokier.

En sondage, le toit du Groupe houiller, mais aussi des terrains dinantiens (il est impossible alors de faire la distinction entre le Groupe houiller et le Dinantien altérés [Dusar, com. pers. 2012]), est localement altéré en argile noire, sur une épaisseur comprise entre 1 et 3 m. Ces niveaux d'altération correspondent à la zone éluvée du paléosol crétacé.

Épaisseur : inconnue avec précision. Dans le bassin houiller de Liège, l'épaisseur de la partie inférieure du Groupe houiller atteint près de 300 m (Humblet, 1941) alors que, dans le sondage de Houtain-Saint-Siméon, seuls 26 m ont été recoupés entre la Formation de Vaals et le Viséen supérieur (Bouckaert & Graulich, 1966).

Age : Namurien. Bouckaert & Graulich (1966) n'ont pu préciser l'âge du Namurien recoupé par le sondage de Houtain-Saint-Siméon en raison de l'absence de niveaux à goniatites.

Affleurement représentatif :

Aucun, mais signalons toutefois la coupe du ruisseau de Grand Aaz qui représente la seule opportunité d'observer le socle paléozoïque sur le territoire de la carte (fig. 2).

Fig. 2. Localisation de l'unique affleurement exposant le Groupe houiller entre Heure-le-Romain et Haccourt.

Utilisation : néant sur cette carte.

Pour en savoir plus :

Humblet (1941)

Humblet & Ancion (1949)

Bouckaert & Graulich (1966)

2.2.2. Les terrains mésozoïques

2.2.2.1. Remarques

Le sondage de Boirs (Malherbe, 1889 ; coordonnées Lambert : X, 235,687 ; Y, 160,565) aurait recoupé, sous la Formation de Vaals, 16 m d'argile compacte jaune et de sable argileux de teinte similaire puis 16 m d'argile rouge à nodules de marcassite qui reposeraient sur un conglomérat. Ce dernier coifferait du calcaire viséen d'après Malherbe (1889). Des roches analogues ont été reconnues dans les sondages de Villers-Saint-Siméon (feuille Allier-Liège) par Legrand (1967, 1977) qui indique qu'elles rappellent celles du Trias de Campine. Ces deux sondages jalonnent le tracé de la Faille Bordière selon Legrand (1968). Les dépôts du sondage de Boirs ont été réinterprétés par ce dernier comme un remplissage de faille par colmatage éluvial daté de la fin du « Keuper » (Trias) ou du début du Jurassique, développé à l'aplomb de calcaire carbonifère ou dévonien. Cependant, Thorez & Monjoie (1974) y voient plutôt des argiles de décalcification à l'instar de Rutot (1889) selon lequel il s'agirait très probablement de « décompositions de roches primaires [paléozoïques] », c'est-à-dire un paléosol crétacé (voir Demoulin *et al.*, 2010).

2.2.2.2. Le Crétacé

Formation de Vaals (VAA)

Origine du nom : de la ville de Vaals au Limbourg hollandais (Service géologique des Pays-Bas, 1957).

La Formation de Vaals, connue dans la littérature ancienne sous le nom de *Smectite de Herve* (Dumont, 1832) ou *Assise de Herve* (Rutot, 1894), est essentiellement connue en sondage. Elle est constituée de craies argileuses bioturbées (nombreux *Gyrolithes* [ichnofossiles spiralés verticalement ; voir Bromley & Frey, 1974]) et parfois légèrement sableuses. Ces craies sont de teinte grise, gris foncé à verdâtre et contiennent fréquemment des rognons de marcassite et de pyrite. En sondage, la base de la formation est habituellement caractérisée par un mince cailloutis composé de cailloux de quartz blanc, de grès, de schiste, et plus rarement de calcaire. A proximité de son contact avec la Formation de Gulpen sus-jacente, l'on note un enrichissement en glauconite. La macrofaune comprend essentiellement des bivalves et des céphalopodes ; ces derniers étant principalement représentés par des bélemnites.

Épaisseur : de l'ordre de 15 à 20 m.

Age : Campanien inférieur (fig. 3). Les six mètres supérieurs de la Formation de Vaals, autrefois visibles à la carrière CPL à Halembaye (aujourd'hui reconvertie en centre d'enfouissement technique), sont attribuées à la partie inférieure de la Zone à *Inoceramus lingua/Goniot euthis quadrata* sur base des bélemnites (Christensen & Schmid, 1987 ; Keutgen, 2011) et à la Zone à *Pachydiscus bidorsatum* d'après les ammonites (Jagt, 1989).

Utilisation : les craies argileuses, exploitées naguère à Halembaye, ont été utilisées comme apports argileux dans la fabrication du ciment.

Affleurement représentatif :

La Formation de Vaals affleure le long de la route N671, à l'est du C.E.T. d'Halembaye, où son contact avec la Formation de Gulpen sus-jacente est visible (fig. 4). Signalons que seule la partie inférieure de la Formation de Vaals affleure à cet endroit, la partie supérieure étant en lacune (Robaszynski *et al.*, 1985) (interruption de la sédimentation ou érosion ?).

Fig. 3. Lithostratigraphie et chronostratigraphie schématiques du Campanien et du Maastrichtien dans le Sud du Limbourg (Belgique et Pays-Bas) (modifié d'après Robaszynski *et al.*, 1985).

Fig. 4. Localisation des affleurements situés au nord d'Halembaye où sont exposés le sommet de la Formation de Vaals (VAA) et son contact avec la Formation de Gulpen (GUL).

Pour en savoir plus :

Calembert *et al.* (1970)
 Thorez & Monjoie (1974)
 W. M. Felder (1975a, 1988)
 Robaszynski *et al.* (1985)
 P. J. Felder (1988)
 Jagt (1989, 1999)
 Robaszynski (2006)

Formation de Gulpen (GUL)

Origine du nom: de la ville de Gulpen au Limbourg hollandais (Service géologique des Pays-Bas, 1957).

Fig. 5. Colonne lithologique de la carrière CPL à Halembaye avant sa transformation en centre d'enfouissement technique (Robaszynski *et al.*, 1985). Abréviation : M. I., Maastrichtien inférieur.

Dans le cadre de la révision des tracés de cette carte, nous avons choisi de limiter la Formation de Gulpen aux membres de Zeven Wegen, Vijlen et Lixhe et de ranger le Membre de Lanaye à la base de la Formation de Maastricht. D'un point de vue lithologique, les craies grossières (calcarénites) du Membre de Lanaye se distinguent clairement des craies sous-jacentes et montrent de nettes affinités avec les calcarénites de la Formation de Maastricht. Ce critère lithologique est d'application aisée dans le cadre d'un levé cartographique et moins subjectif qu'une limite basée sur un mince horizon particulier, à savoir l'Horizon de Lichtenberg (W. M. Felder, 1975a), dont le développement n'est pas constant. En effet, l'horizon de Lichtenberg qui correspond à la craie à coprolithes (Uhlenbroek, 1905) ou Coprolithenschicht (Uhlenbroek, 1912), peut ne pas être reconnu par endroits et la limite entre les formations de Gulpen et de Maastricht, telle que définie précédemment, ne pourrait être cernée que sur base de corrélation entre les couches de silex (W. M. Felder, 1988) (voir aussi Mottequin *et al.*, 2012).

Trois des quatre membres définis au sein de la Formation de Gulpen par W. M. Felder (1975b), à l'exception du Membre de Lanaye (voir ci-dessus), ont été reconnus sur la présente carte ; l'absence du Membre de Beutenaken, compris normalement entre les membres de Zeven Wegen et de Vijlen, pourrait s'expliquer par de la tectonique synsédimentaire durant le Campanien supérieur (e.a. Keutgen & Jagt, 1998). Ces membres sont toutefois difficilement identifiables sur des affleurements de taille réduite et n'ont donc pas été cartographiés séparément. Ce sont, de bas en haut (fig. 5) :

- le Membre de Zeven Wegen, correspondant à la craie blanche d'Heure-le-Romain et à la craie glauconifère de Rutot (1894), débute par une couche de craie fortement glauconieuse d'épaisseur inframétrique (horizon de Loën) et se poursuit par des craies fines, blanches à gris clair, avec des rognons de silex noirs épars. Sa limite supérieure correspond à un hardground d'épaisseur métrique (horizon de Froidmont) constitué de craie indurée (silicification) de teinte jaune rouille et comportant de nombreux terriers ;

- le Membre de Vijlen inclut des craies gris-jaunâtre, glauconieuses et finement grenues. Sa partie inférieure est riche en intercalations glauconieuses.

- le Membre de Lixhe, divisé en trois parties (Lixhe 1, 2 et 3) sur base des silex, comprend des craies blanches et fines avec des rognons irréguliers de silex noirs à gris-bleu foncé.

Epaisseur : de l'ordre de 80 m au maximum.

Age : Campanien à Maastrichtien (e.a. Robaszynski *et al.*, 1985 ; Keutgen & Jagt, 1998) (fig. 3) ; depuis la Zone à *Belemnitella mucronata* jusque la Zone à *B. junior* (e.a. Robaszynski, 2006 ; Keutgen, 2011 ; Keutgen *et al.*, 2010). Des lacunes stratigraphiques importantes ont été reconnues (e.a. horizon de Froidmont [figs 3, 5]).

Utilisation : la Formation de Gulpen est essentiellement exploitée pour la fabrication du ciment Portland, mais également pour la production d'apports minéraux carbonatés nécessaires aux industries agro-alimentaires et chimiques. Les silex, taillés en pavés, ont été utilisés comme surface d'usure maçonnée à l'intérieur des broyeurs à boulets non métalliques (trommels). Actuellement, ils sont employés comme granulats.

Affleurement représentatif :

La carrière CBR de Lixhe, traversée par le tunnel du Geer, offre une excellente coupe au sein de la Formation de Gulpen.

Pour en savoir plus :

Calembert (1953, 1958a)
 W. M. Felder (1975a, 1988)
 Robaszynski *et al.* (1985)
 P. J. Felder (1988)
 Akodad (1994)
 Jagt (1999)
 P. J. Felder *et al.* (2003)

Formation de Maastricht (MAA)

Origine du nom : de la ville de Maastricht aux Pays-Bas (Dumont, 1849).

La Formation de Maastricht, telle que redéfinie plus haut (voir le paragraphe relatif à la Formation de Gulpen), comprend des calcaires bioclastiques poreux, grenus (calcarénites) et de teinte blanc-jaune à gris-jaune. Dans la littérature, ces calcaires sont communément appelés tuffeaux. Leur teneur en CaCO₃ varie habituellement entre 96 à 98 % (Poty & Chevalier, 2004). Les silex sont présents sous forme de nodules ou de lits plus ou moins continus, surtout à la base où ils sont reconnaissables sur de grandes distances (Membre de Lanaye); leur abondance diminue dans la partie supérieure de la formation. Six membres ont

été définis par W. M. Felder (1975a, b), auxquels s'ajoutent le Membre de Lanaye, mais ils n'ont pas été cartographiés dans le cadre du lever en raison de leur faible épaisseur et de la difficulté de les reconnaître sur des affleurements isolés. Il s'agit, de bas en haut, des Membres de Lanaye, de Valkenburg, de Gronsveld, de Schiepersberg, d'Emael, de Nekum et de Meerssen (voir Robaszynski *et al.* [2002] pour leur description), mais le dernier membre n'est pas connu sur le territoire de la carte. La présence de niveaux riches en fossiles particuliers (horizons) a été utilisée comme limite entre ces membres, tels les horizons de Lichtenberg (riche en coprolithes) et de Caster (riche en bryozoaires) mais leur développement n'est pas constant.

Epaisseur : une quarantaine de mètres.

Age : base du Maastrichtien supérieur à Maastrichtien terminal (Zone à *Belemnitella junior*). La Zone à *Belemnella kazimirovensis* n'est pas reconnue sur le territoire cartographié en raison de l'absence du Membre de Meerssen (voir Robaszynski [2006] et Keutgen *et al.* [2010]).

Utilisation : les calcarénites sont notamment exploitées pour la production de ciment et l'industrie agro-alimentaire.

Affleurements représentatifs :

A Eben, les carrières du Romont et de Marnebel permettent d'observer la Formation de Maastricht, depuis le Membre de Lanaye jusqu'au Membre de Nekum.

Pour en savoir plus :

W. M. Felder (1975a, 1975b, 1988)
 Robaszynski *et al.* (1985)
 P. J. Felder (1988)
 Jagt (1999)
 Robaszynski (2006)

2.2.3. Les terrains cénozoïques

Les silex résiduels

Hormis les zones où l'érosion post-Crétacé a laissé intacte la partie supérieure de la Formation de Maastricht pauvre en silex, les formations crétacées sont généralement recouvertes par une couche d'épaisseur décimétrique à pluridécimétrique qui est constituée de blocs de silex dont les espaces entre ces derniers étaient occupés originellement par de l'argile. Elle résulte de la dissolution du sommet du substratum crétacé sous les sables oligocènes. Au cours de ce processus, les sables oligocènes sus-jacents ont envahi les espaces libres entre les silex, ce qui explique la présence, à l'heure actuelle, de sable entre les silex. Cet horizon à silex résiduels était renseigné Sx sur la précédente édition de la carte géologique (Van den Broeck & Forir, 1903). Dans le Nord de la France, cette couche d'altération est connue sous le nom d'« argile à silex » (Quesnel *et al.*, 2002). Signalons que dans la région située au sud de Tongres, Duser *et al.* (2011) ont décrit une altérite particulière connue sous le nom de « tauw » au contact entre le toit de la Formation de Maastricht et le niveau à silex résiduels.

Pour en savoir plus :

Juvigné & Renard (1991)
 Juvigné (1992)

Formation de Sint-Huibrechts-Hern (SHH)

Origine du nom : village de Sint-Huibrechts-Hern, commune de Hoeselt (province du Limbourg) (Laga, 1988).

La Formation de Sint-Huibrechts-Hern, connue essentiellement en sondage, correspond à des sables marins fins à très fins, bien classés, avec accessoirement des silts et des argiles. Ils peuvent également être glauconieux et micacés. Leur teinte est variable (jaune, grise, verte, brune) avec de nombreux intermédiaires.

Épaisseur : éminemment variable, de l'ordre de quelques mètres, voire moins. L'épaisseur maximale (22 m) était connue à la colline du Romont aujourd'hui disparue suite à l'avancement de la carrière éponyme (Juvigné, 1992).

Age : Oligocène inférieur (Rupélien ; anciennement Tongrien).

Utilisation : ces sables sont utilisés dans le domaine de la construction.

Affleurement représentatif :

Les sables de la Formation de Sint-Huibrechts-Hern sont bien visibles au niveau des paliers supérieurs de la carrière de Lixhe où ils sont d'ailleurs exploités au moment de la rédaction de cette notice. Ces sables sont aussi visibles dans une sablière située sur le plateau au NW de Boirs (coordonnées Lambert [X, Y]: 243,063 ; 162,351) (voir Dusar, 2008).

Pour en savoir plus :

Juvigné & Renard (1991)
 Juvigné (1992)

Les alluvions anciennes (ALA)

Ces dépôts fluviaux sont composés de lentilles de sable parfois argileux, voire limoneux, et de gravier d'épaisseur et d'extension variables. Les galets, rarement pugilaires, sont composés de quartz, de quartzite, de roches diverses du Paléozoïque et de silex. Ceux-ci sont parfois descendus dans des poches de dissolution tapissées de silex résiduels et développées au sommet des formations crétacées. Ces lambeaux de terrasses (e.a. terrasses d'Eben, Wonck, Lixhe) ont permis de retracer l'évolution du cours de la Meuse en aval de Liège et appartiennent aux hautes terrasses *sensu* Juvigné & Renard (1992). Signalons que le terme Formation de Lixhe a été proposé par Gullentops & Paulissen (*in* Gullentops *et al.*, 2002) pour désigner les hautes terrasses développées dans la basse vallée mosane ; ce terme n'a pas été appliqué ici.

Citons également les blocs erratiques signalés à Eben par Van den Broeck (1900) qui étaient constitués d'une « roche grés-marneuse, dure et compacte, contenant d'assez nombreux fossiles oligocènes, dont des Cérithes (...) ». Bien que ces blocs n'aient pas été observés lors des levés, il pourrait s'agir de témoins de la Formation de Borgloon d'âge rupélien (« Tg2o ») qui est reconnue au NE de cette localité (voir Claes *et al.* [2001]).

Epaisseur : variable, des épaisseurs de l'ordre de 6 à 8 m sont connues à Lixhe et à Eben (Juvigné & Renard, 1991 ; Juvigné, 1992).

Age : D'après Juvigné & Renard (1992), l'âge des différents lambeaux de terrasses s'étale depuis l'Oligocène (Chattien) pour les plus anciens (très hautes terrasses) jusqu'au Quaternaire (Pléistocène) pour les plus récents (basses terrasses).

Utilisation : secteur de la construction.

Affleurement représentatif :

Gravière abandonnée située au lieu-dit Champ-Pays (SE de Wonck).

Pour en savoir plus:

Macar (1938)

W. M. Felder *et al.* (1989)

Juvigné (1991)

Juvigné & Renard (1992)

Les limons (LIM)

Les plus jeunes formations de couverture correspondent aux limons d'origine éolienne (loess), dont l'épaisseur est assez variable, généralement de l'ordre de plusieurs mètres. Leur tracé est habituellement omis sur les cartes géologiques, mais en raison de leur puissance considérable dans certaines zones (près de 20 m dans les environs de Slins et de Houtain-Saint-Siméon), il a été décidé d'adjoindre une carte reprenant les étendues où les placages limoneux sont les plus épais. Les plus fortes épaisseurs sont reconnues sur les plateaux.

Les cartes pédologiques fournissent également des données précieuses sur ces loess (Dudal, 1956 ; Dudal & Baeyens, 1957a, 1957b ; Baeyens, 1958).

Les loess se sont mis en place essentiellement au cours du Weichselien supérieur, sous climat périglaciaire, mais des lambeaux d'âge préweichselien ont été piégés dans des poches de dissolution développées au sein des craies et calcarénites crétacées (Juvigné & Renard, 1991 ; Juvigné, 1992).

Les carrières de Romont et de Lixhe permettent d'observer facilement le Téphra d'Eltville, qui correspond à une mince lamine infracentimétrique de teinte gris foncé (Juvigné & Semmel, 1981). Il s'agit d'une retombée volcanique datée d'environ 20 ka (Poucllet & Juvigné, 2009) dont la source se situerait dans l'Est de l'Eifel (Meijs *et al.*, 1983). Un second téphra (Téphra de Rocourt), plus ancien (entre 74 et 90 ka), est également visible à la carrière de Romont ; il résulterait d'une éruption phréatomagmatique survenue dans l'Ouest de l'Eifel durant le Weichselien supérieur (Juvigné *et al.*, 2008 ; Poucllet *et al.*, 2008).

Les alluvions modernes (AMO)

Les alluvions modernes tapissent le fond des vallées et leur cartographie a été établie d'après la morphologie de ces dernières. Elles sont constituées de limons argileux, de silts, de sables, de graviers, de tourbes et de lits de tuf calcaireux.

Dépôts anthropiques (X)

Représentées en surcharge sur la carte, les dépôts anthropiques correspondent à des dépôts divers générés par l'activité humaine : décharges, remblais, etc.

3. Schéma chronostratigraphique

L'âge relatif des formations rencontrées sur le terrain s'appuie sur les données biostratigraphiques obtenues grâce à l'étude des macro- et microfaunes qu'elles contiennent. La biostratigraphie des terrains crétacés se base essentiellement sur les bélemnites et les foraminifères.

Fig. 6. Chronostratigraphie et lithostratigraphie de la région cartographiée (Crétacé d'après Robaszynski [2006]). Abréviations : Hal., Halembaye ; HOU, Groupe houiller ; Maastr., Maastricht ; O., Oligocène ; R., Rupélien ; SHH, Formation de Sint-Huibrechts-Hern. Bien qu'il y ait peu d'éléments pour identifier avec certitude l'une des deux anciennes unités H1 et H2, l'unité H1 est considérée comme étant le plus probable au vu de la configuration du bassin.

4. Géologie structurale – Tectonique

4.1. Introduction

La feuille Tongres-Herderen se divise en deux unités structurales :

- une couverture méso-cénozoïque très légèrement inclinée ;
- un socle paléozoïque plissé.

4.2. La structure de la couverture

Les dépôts crétacés reposent en discordance sur les séries plissées paléozoïques. Cette surface présente quelques irrégularités locales reconnues en sondage. Ces dépôts, tabulaires à l'origine, présentent à l'heure actuelle un faible pendage compris entre 1 et 2 degrés vers le N-NNW, hérité du soulèvement de l'Ardenne dès la fin du Paléogène (Oligocène), influencé par l'orogénèse alpine (Gullentops, 1987 ; Bless *et al.*, 1991) (fig. 7). Notons que la sédimentation crétacée a été fortement influencée par de la tectonique synsédimentaire (Bless *et al.*, 1987) (fig. 8). Des lambeaux de sables tongriens surmontent les dépôts crétacés par l'intermédiaire d'une couche de silex résiduels (voir ci-dessus) et sont parfois piégés dans des cavités karstiques. Les relations entre les terrains crétacés et leur couverture (silex résiduels, Formation de Sint-Huibrechts-Hern, graviers de Meuse) ont été magnifiquement illustrées par Juvigné (1991) et Juvigné & Renard (1992).

Fig. 7. Comparaison entre l'extension actuelle des dépôts crétacés et leur position au Maastrichtien terminal, illustrant le soulèvement du Massif de Stavelot (Bless *et al.*, 1991).

Fig. 8. Relations entre la hausse du niveau marin et l'inversion de la tectonique sur les environnements de dépôt au cours du Crétacé supérieur entre la région d'Halembaye et la vallée de la Rur (Roer). Chaque segment est caractérisé sa propre histoire sédimentaire et structurale. La plupart des épaisseurs indiquées ne concernent que les régions d'Halembaye, Maastricht et Valkenburg (Bless *et al.*, 1987 ; Bless, 1989).

Les craies campaniennes (Membre de Zeven Wegen) présentent un état de contrainte en extension N-S et en compression E-W qui correspond à un événement cisailant compressif survenu au cours du Maastrichtien inférieur. Ce dernier pourrait être lié à la phase d'inversion

Laramide (Vandycke 1992, 2002). Dans leur ensemble, les formations de Gulpen et de Maastricht sont affectées par des failles, mais aussi et surtout par des réseaux de joints très structurés traduisant des phases d'extension E-W, N-S et NE-SW résultant de la dynamique extensive du Graben du Rhin au cours du Cénozoïque (Vandycke 1992, 2002) (fig. 9). Le réseau de failles orientées NW-SE est caractérisé par des rejets décimétriques à décamétriques ; ces déplacements ont principalement été observés dans la carrière de Lixhe, en suivant les horizons-repères qui séparent les membres de la Formation de Gulpen, notamment l'horizon de Froidmont. Par ailleurs, lors des levés, et à l'examen des cartes anciennes, il est apparu qu'un rejet pluridécamétrique d'orientation SSW-NNE affecterait les dépôts maastrichtiens, de part et d'autre du Geer, à proximité du fort d'Eben-Emael. En effet, alors que le pendage des couches est orienté vers le NW, les galeries souterraines sont développées dans le pied du versant à l'est du Geer, tandis qu'à l'ouest, celles-ci sont ouvertes à proximité du sommet des versants. Cette situation traduit la descente d'environ une vingtaine de mètres du bloc oriental, le long d'un axe parallèle au cours du Geer à cet endroit. La trace de ce rejet s'inscrit par ailleurs dans le prolongement d'une faille décrochante de direction SW-NE mentionnée par Geluck *et al.* (1994, fig. 2).

Fig. 9. Evolution du champ des paléocontraintes au sein des formations crétacées du NE de la Belgique (Vandycke, 2002).

4.3. La structure du socle paléozoïque

Le socle paléozoïque comprend d'une part la terminaison orientale du Massif du Brabant et d'autre part les terrains dévono-carbonifères qui le bordent.

Les terrains cambro-siluriens de la terminaison orientale du Massif du Brabant, qui ont été plissés lors de l'orogénèse calédonienne, sont intégralement masqués par les dépôts crétacés. Le Massif du Brabant, constitué par d'épais dépôts siliclastiques datés de la base du Cambrien jusqu'au sommet du Silurien (Verniers *et al.*, 2002), correspond *grosso modo* à une vaste structure anticlinale complexe, à cœur cambrien, qui a été recoupée par de nombreuses failles transversales (De Vos *et al.*, 1993). Le socle calédonien n'a toutefois pas été atteint par les sondages réalisés sur la présente carte, mais bien sur celle d'Alleur-Liège située au sud (Legrand 1967, 1968, 1977).

Les dépôts dévono-carbonifères, qui se sont déposés en discordance sur les terrains cambro-siluriens du Massif du Brabant, ont été plissés lors de la phase asturienne de l'orogénèse varisque, à la fin du Westphalien. Ils appartiennent au bord nord du bassin de Liège dont le contact avec le Massif du Brabant correspond au passage de la Faille bordière (Legrand, 1968). Le bassin de Liège consiste en un synclinal d'orientation WSW-ENE dont le flanc septentrional est d'inclinaison modérée puis faible vers le sud ou le sud-est tandis que son flanc méridional est redressé, souvent jusqu'à la verticale, voire renversé (Humblet, 1941 ; Humblet & Ancion, 1949). Les dépôts dévoniens et dinantiens n'affleurent pas sur la carte ; seuls les seconds ont été reconnus au sondage de Houtain-Saint-Siméon (Bouckaert & Graulich, 1966 ; Poty, 1991). Les mauvaises conditions d'affleurement des dépôts datés du Silésien (Groupe houiller) ne permettent pas de décrire leur structure de manière détaillée.

5. Phénomènes karstiques

En raison de leur grande porosité, les roches carbonatées (craies et calcarénites) du Crétacé hesbignon ne devraient pas être favorables, en principe, aux phénomènes de concentration de la dissolution des calcaires. Néanmoins, plusieurs types de karst ont pu être

mis en évidence grâce aux nombreuses carrières qui parsèment la région (e.a. Calembert, 1958b, Willems *et al.*, 2007a, 2007b). Outre les dolines situées au sommet des formations crétacées, les phénomènes karstiques les plus spectaculaires sont sans conteste les nombreuses racines d'altération (« orgues géologiques » *sensu* Mathieu, 1813) visibles dans les fronts de taille des carrières, dont certaines constituent le prolongement des dolines. De forme tubulaire et de section circulaire, ces racines, d'un diamètre parfois plurimétrique, atteignent des profondeurs considérables (près de 60 m pour certaines d'entre elles). Le matériel de colmatage est assez varié : sables marins oligocènes, dépôts de terrasse fluviatile, silex résiduels, etc. (Willems *et al.*, 2007a). Leur formation serait engendrée par des variations lithologiques au sein des terrains de couverture (Juvigné & Renard, 1991 ; Juvigné, 1992). La présence de dépôts grossiers, caractéristiques des terrasses alluviales (graviers, galets, blocs), est, en effet, plus propice à leur développement grâce à leur aptitude à concentrer l'écoulement des eaux météoriques, à l'inverse des dépôts argilo-sableux oligocènes. Leur développement vertical pourrait être lié au creusement des vallées de la Meuse et du Geer (Willems *et al.*, 2007b). A la Montagne Saint-Pierre, juste au NW d'Emael, Willems *et al.* (2007a, b) ont également reconnu des phénomènes endokarstiques (e.a. grottes) et des noyaux profonds de craies altérées dans des terrains identiques à ceux reconnus sur la présente carte. Notons que ces poches de dissolution ont souvent représenté une gêne pour l'industrie extractive.

6. Ressources du sous-sol et exploitations

6.1. Hydrogéologie

6.1.1. Les bassins hydrographiques

Trois bassins hydrographiques se partagent la portion de la feuille Tongres-Herderen cartographiée dans ce travail. Il s'agit essentiellement des bassins de la Meuse et du Geer ainsi que celui du Heeswater qui n'occupe que le coin NE de la zone cartographiée. Ces deux derniers cours d'eau sont tributaires de la Meuse. Le réseau hydrographique actif se singularise par sa faible densité. Par contre, les vallées sèches de direction générale N-S, SW-NE et SE-NW, typiques de cette partie de la Hesbaye (Stevens, 1934), sont pour la plupart les témoins d'un réseau hydrographique fossile d'origine périglaciaire (Geukens, 1947 ; Tavernier, 1948 ; Grimbérieux, 1955). Elles sont associées à des zones de plus grande conductivité hydraulique associées à la fracturation du substratum crayeux (Dassargues *et al.*, 1991).

Fig. 10. Réseau hydrographique et bassins versants (Ruthy, 2009).

6.1.2. Les aquifères

Le Groupe houiller ne représente pas un aquifère de première importance. Seules les fissures ouvertes (diaclasses, fractures diverses) développées dans les horizons de grès et de quartzites peuvent contenir de l'eau récupérable ; ces nappes de fissures sont toutefois peu sollicitées. De plus, l'altération de la pyrite, souvent présente en abondance au sein de cette unité lithologique, induit des teneurs élevées en fer et en sulfates ainsi qu'un pH acide. Notons que la pyrite peut incorporer jusqu'à 10 % de son poids en arsenic (Abratis *et al.*, 2004), qui accélère sa dissolution (Blanchard *et al.*, 2007), avec, à la clé, de nombreuses conséquences environnementales (pollution des eaux de captage).

L'aquifère des craies crétacées (nappe des craies de Hesbaye) représente la première ressource en eau et, par conséquent, a été fortement étudié à l'échelle régionale (e.a. Hallet, 1999 ; Brouyère *et al.*, 2004). Il repose sur la Formation de Vaals caractérisée par une faible perméabilité, ce qui se traduit par la présence de nombreuses sources au contact entre cette dernière et la Formation de Gulpen sus-jacente. Les craies et calcaires bioclastiques (calcarénites) des Formations de Gulpen et de Maastricht sont dotés à la fois d'une porosité d'interstices et d'une seconde dite de fissure. Leur porosité et perméabilité présentent de grandes variations en fonction de l'échelle d'observation de ces différents paramètres (Dassargues & Monjoie, 1993). Au sein de la Formation de Gulpen, l'horizon de Froidmont (Calembert, 1953), en tant qu'hardground d'extension régionale caractérisé par une faible conductivité hydraulique, génère une discontinuité entre les nappes situées sous et au-dessus de cette surface remarquable (Ruthy, 2009). A titre informatif, signalons qu'un volume moyen de près de 1.500.000 m³ par an a été prélevé pour la distribution publique durant l'intervalle 1997-2007.

Les sables oligocènes peuvent contenir une nappe d'extension réduite et de faible épaisseur, qui est susceptible d'alimenter la nappe des craies sous-jacente.

Les dépôts superficiels alluvionnaires (galets, graviers, sables) sont d'intéressants aquifères pour autant que leurs extension et épaisseur soient suffisantes. Cependant, en raison de leur hétérogénéité, ces alluvions ont des propriétés éminemment variables. Les volumes prélevés fluctuent, mais la nappe alluviale de la Meuse n'est pas la première source en eaux souterraines.

Les limons, dont l'épaisseur peut être considérable, jouent un rôle de filtre pour les aquifères sous-jacents lors de l'infiltration des eaux météoriques. On estime qu'un mètre de limon induit un retard de l'infiltration de l'ordre d'un mois.

Pour en savoir plus :

Rentier *et al.* (2005)

Ruthy (2009)

6.2. Ressources minérales, mines et carrières – matériaux utiles

6.2.1. Les calcaires

Les roches carbonatées d'âge crétacé ont depuis toujours représenté la plus grande richesse du sous-sol de la région cartographiée, comme en témoignent les nombreuses carrières, tant actives qu'inactives, ouvertes dans les formations de Gulpen et de Maastricht.

Les craies argileuses de la Formation de Vaals ne sont plus exploitées sur le territoire de la carte, mais la partie supérieure de la formation a été utilisée comme apport argileux pour l'industrie cimentière (ancienne carrière CPL), en association avec de la craie et des shales du Groupe houiller provenant d'ailleurs. Cet apport de shales avait pour but de corriger leur excès de SiO₂ et de palier leur déficit en Al₂O₃.

Les craies de la Formation de Gulpen sont exploitées d'une part pour la fabrication de ciment (carrière de Loën) et d'autre part, à Heure-le-Romain et Haccourt, dans le cadre de la production d'apports minéraux carbonatés utilisés par divers secteurs industriels (papeterie, chimie, cosmétologie, agroalimentaire, etc.).

D'après les inscriptions gravées sur les parois des carrières souterraines de Zichen-Zussen, l'exploitation de la Formation de Maastricht remonte au moins au 16^{ème} siècle. Le Tuffeau de Maastricht était autrefois utilisé comme matériau de construction et a notamment servi à l'édification de certains bâtiments de la vallée du Geer et de quelques églises liégeoises. Paradoxalement, sa faible résistance à la compression et sa grande porosité ne le prédestinaient pas à cet usage. Toutefois, son exposition à l'air libre et aux intempéries engendre assez rapidement la formation d'un calcin protecteur, résultant d'une recristallisation du carbonate de chaux. Sa durabilité est ainsi nettement améliorée. Actuellement, ces calcaires bioclastiques sont activement exploités aux carrières de Lixhe et du Romont (Eben-Emael) pour la production de ciment, mais aussi à la carrière Marnebel (Eben-Emael) pour l'amendement des sols, comme charges minérales pour panneaux de revêtement, etc. En outre, nombre d'anciennes carrières souterraines furent reconverties en champignonnières par le passé.

Pour en savoir plus :

Keuller (1912)
 Bienvenu (1947)
 Calembert (1947)
 Macar (1947a)
 Poty & Chevalier (2004)

6.2.2. Les silex

Les formations de Gulpen et de Maastricht contiennent de nombreux bancs de silex. Certains d'entre eux sont dotés d'une grande continuité latérale et se poursuivent sur des km². Leur exploitation s'est essentiellement effectuée dans la région de Lanaye, Eben-Emael et Bassenge., Ils ont été exploités jusqu'il y a peu à Eben-Emael (carrières Marnebel et du Romont) pour la production de pavés destinés à revêtir des tubes broyeurs (trommels). Ils sont valorisés comme granulats à Lixhe. Les déchets d'exploitation sont utilisés de diverses manières : stabilisation des berges des cours d'eau, sous-empierrement de voirie, aménagement des parcs et jardins, empierrement des chemins. Par le passé, ils ont été utilisés comme pierres de construction (église de Wonck) ou comme pavés. La production de ces derniers atteignait entre 360 et 600 t par an et ils étaient exportés jusqu'au Japon.

Pour en savoir plus :

Macar (1947b)
 Garcet (1968)
 Poty & Chevalier (2004)

6.2.3. Les sables

Les sables oligocènes sont localement exploités comme sables de construction, notamment à la carrière de Lixhe.

6.2.4. Le charbon

Une seule concession houillère a été établie sur le territoire de la feuille, mais elle couvrait également une portion de celle d'Alleur-Liège. Il s'agit de la concession d'Heure-le-Romain. Instituée en 1900, elle n'a donné lieu à aucune exploitation selon Humblet (1941) et

représentait la concession la plus septentrionale du bassin de Liège (fig. 11). Dans ce bassin, la partie inférieure du Groupe houiller, c'est-à-dire le Namurien, est épaisse d'environ 300 m et inclut quelques veinettes de charbon qui ont jadis fait l'objet d'exploitation, mais elles sont minces et généralement très sulfureuses et donc, de faible intérêt (Humblet, 1941). Bien qu'il ne soit pas présent sur la feuille Tongres-Herderen, le Westphalien, aussi connu sous l'appellation « Houiller exploitable », atteint, quant à lui, une puissance maximale de près de 1260 m dans le bassin de Liège (Humblet, 1941).

Fig. 11. Carte des concessions houillères du bassin de Liège (Humblet, 1941).

7. Géotourisme

Construite en gros moellons de silex et coiffée par les quatre chérubins de l'Apocalypse (le Taureau, l'Homme, le Lion et l'Aigle), la tour d'Eben-Ezer (Eben-Emael) se dresse fièrement face à la carrière du Romont et au-dessus de la plaine alluviale du Geer. Elle fut érigée par Robert Garcet entre 1952 et 1963. Cet édifice insolite abrite le musée du silex qui fait partie intégrante du Géologium du Broukay. Le visiteur découvrira entre autres l'exploitation du silex dans les galeries souterraines ainsi qu'une importante collection de fossiles du Crétacé supérieur découverts lors de l'extraction du silex.

Un sentier géologique (en cours de réalisation) permettra prochainement de découvrir l'épaisse série de loess visible à la carrière du Romont à Eben-Emael. Il offrira l'opportunité au visiteur de découvrir le complexe humifère de Remicourt qui inclut le Téphra de Rocourt (e.a. Juvigné *et al.*, 2008).

BIBLIOGRAPHIE

Abraitis, P. K., Patrick, R. A. D. & Vaughan, D. J., 2004. Variations in the compositional, textural and electrical properties of natural pyrite: a review. *International Journal of Mineral Processing*, 74 : 41-59.

Akodad, M., 1994. Les minéraux argileux du Crétacé supérieur de l'Est de la Belgique et des régions limitrophes (Pays-Bas et Allemagne) : genèse, argilostratigraphie, organisation séquentielle, implications paléogéographiques et paléoclimatiques. Thèse de doctorat inédite, Université de Liège, 287 p.

Baeyens, L., 1958. Carte des sols de la Belgique. Texte explicatif de la planchette Herderen 107E. Comité pour l'établissement de la carte des sols et de la végétation de la Belgique, Gand, 63 p.

Bienvenu, C., 1947. Crétacique du N-E de la Belgique. Craies. *In* Centenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège (A.I.Lg.) : Congrès 1947 – Section Géologie. Vaillant-Carmanne, Liège, p. 335-337.

Blanchard, M., Alfredsson, M., Brodholt, J., Wright, K. & Catlow, C. R. A., 2007. Arsenic incorporation into FeS₂ pyrite and its influence on dissolution: A DFT study. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71: 624-630.

Bless, M. J. M., 1989. Event-induced changes in Late Cretaceous to Early Paleocene ostracode assemblages of the SE Netherlands and NE Belgium. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 112 : 19-30.

Bless, M. J. M., Felder, P. J. & Meessen, J. P. M. Th., 1987. Late Cretaceous sea level rise and inversion: their influence on the depositional environment between Aachen and Antwerp. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 109 : 333-355.

Bless, M. J. M., Bouckaert, J., Camelbeek, T., Dejonghe, L., Demoulin, A., Dupuis, C., Felder, P. J., Geukens, F., Gullentops, F., Hance, L., Jagt, J. W. M., Juvigné, E., Kramm, U., Ozer, A., Pissart, A., Robaszynski, F., Schumacker, R., Smolderen, A., Spaeth, G., Steemans, P., Streel, M., Vandeven, G., Vanguetaine, M., Walter, R. & Wolf, M., 1991. The Stavelot Massif from Cambrian to Recent. A survey of the present state of knowledge. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 113 : 53-73.

Bouckaert, J. & Graulich, J. M., 1966. Sondage de Houtain-St-Siméon. *Service géologique de Belgique, Professional Paper*, 1966/2 : 1-5.

Bromley, R. G. & Frey, R. W., 1974. Redescription of the trace fossil *Gyrolithes* and taxonomic evaluation of *Thalassinoides*, *Ophiomorpha* and *Spongeliomorpha*. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 23: 311-335.

Brouyère, S., Dassargues, A. & Hallet, V., 2004. Migration of contaminants through the unsaturated zone overlying the Hesbaye chalky aquifer in Belgium: a field investigation. *Journal of Contaminant Hydrology*, 72 : 135-164.

Calembert, L., 1947. Les argiles plastiques et réfractaires de la Haute-Belgique. *In Centenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège (A.I.Lg.) : Congrès 1947 – Section Géologie*. Vaillant-Carmanne, Liège, p. 283-302.

Calembert, L., 1953. Sur l'extension régionale d'un hard-ground et d'une lacune stratigraphique dans le Crétacé supérieur du Nord-Est de la Belgique. *Bulletins de l'Académie Royale de Belgique, Classe des Sciences*, 5^e série, 38 : 724-733.

Calembert, L., 1958a. Le Crétacé supérieur de Glons. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 81 : B459-B465.

Calembert, L., 1958b. Phénomènes karstiques holofossiles dans le Crétacé supérieur du Bassin du Geer. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 81 : B495-B506.

Calembert, L., Meijer, M. & Monjoie, A., 1970. Le Crétacé supérieur sous la plaine alluviale de la Meuse entre Lixhe et Lanaye (Liège). *Annales de la Société géologique de Belgique*, 93 : 51-63.

Christensen, W. K. & Schmid, F., 1987. The belemnites of the Vaals Formation from the C.P.L. quarry at Hallembaye in Belgium – Taxonomy, biometry and biostratigraphy. *Geologisches Jahrbuch, Reihe A* 94 : 3-37.

Claes, S., Frederickx, E., Gullentops, F. & Felder, W., 2001. Kaartblad 34, Tongeren, 1:50.000. Toelichtingen bij de Geologische Kaart van België – Vlaams Gewest. Belgische Geologische Dienst en Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie, Brussel.

Dassargues A. & Monjoie, A., 1993. Chalk as an aquifer in Belgium. In Downing, R. A., Price, M. E. & Jones, G. P. (eds), *Hydrogeology of the Chalk of North-West Europe*. Clarendon Press, p. 153-169.

Dassargues, A., Monjoie, A., Lambert, J. & Pierlot, A., 1991. Etude régionale par éléments finis d'une nappe libre située dans les craies du Crétacé en Belgique. *Revue des Sciences de l'Eau*, 4 : 39-63.

De Vos, W., Verniers, J., Herbosch, A. & Vanguetstaine, M., 1993. A new geological map of the Brabant Massif, Belgium. *Geological Magazine*, 130 : 605-611.

Delmer, A., Dusar, M. & Delcambre, B. 2002. Upper Carboniferous lithostratigraphic units (Belgium). *Geologica Belgica*, 4 : 95-103.

Demoulin, A., Quesnel, F., Dupuis, Ch., Gerrienne, Ph. & Yans, J., 2010. Cenomanian sands and clays north of the Vesdre valley: the oldest known Cretaceous deposits in eastern Belgium. *Geologica Belgica*, 11: 241-256.

Dudal, R., 1956. Carte des sols de la Belgique au 1/20 000. Feuille 107W : Tongeren. Comité pour l'établissement de la carte des sols et de la végétation de la Belgique, Gand.

Dudal, R. & Baeyens, L., 1957a. Carte des sols de la Belgique au 1/20 000. Feuille 107E : Herderen. Comité pour l'établissement de la carte des sols et de la végétation de la Belgique, Gand.

Dudal, R. & Baeyens, L., 1957b. Carte des sols de la Belgique au 1/20 000. Feuille 107W : Tongeren. Comité pour l'établissement de la carte des sols et de la végétation de la Belgique, Gand, 73 p.

Dumont, A., 1832. Mémoire sur la constitution géologique de la province de Liège. *Mémoires couronnés de l'Académie royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles*, 8 : VII + 374 p.

Dumont, A., 1849. Rapport sur la carte géologique du Royaume. *Bulletins de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique*, 16 : 351-373.

Dusar, M., 2008. Ontsluiting 107W/304 (Tongeren). Archives du Service géologique de Belgique, Bruxelles.

Dusar, M., Dreesen, R., Indeherberge, L., Defour, E. & Meuris, R., 2011. The origin of 'tauw', an enigmatic building stone of the Mergelland: a case study of the Hesbaye region, southwest of Maastricht (Belgium). In: Jagt, J.W.M., Jagt-Yazykova, E.A. & Schins, W.J.H. (eds). A tribute to the late Felder brothers - pioneers of Limburg geology and prehistoric archaeology. *Netherlands Journal of Geosciences/Geologie en Mijnbouw*, 90: 239-258.

Felder, P. J., 1988. Lithologic and bioclastic aspects of the Maastrichtian type area between Maastricht (The Netherlands) and Halembaye (Belgium). In Streel, M. & Bless, J. M. (eds), *The Chalk district of the Euregio Meuse-Rhine. Selected papers on Upper*

Cretaceous deposits. Natuurhistorisch Museum, Maastricht and Université de Liège, Liège, 41-55.

Felder, P. J., Keppens, E., Declercq, B., Normand, S. & Streel, M., 2003. Faunal/floral and isotopic responses to Milankovitch precession cycles and environmental changes in the upper Gulpen Formation (Upper Maastrichtian) at the CBR-Lixhe and ENCI-Maastricht bv quarries. *Netherlands Journal of Geosciences/Geologie en Mijnbouw*, 82: 275-281.

Felder, W. M., 1975a. Lithostratigraphische Gliederung der Oberen Kreide in Süd-Limburg (Niederlande) und den Nachbargebieten. Erster Teil : Der Raum westlich der Maas, Typusgebiet des "Maastricht". *Publicaties van het Natuurhistorisch Genootschap in Limburg*, 24 : 1-43.

Felder, W. M., 1975b. Lithostratigrafie van het Boven-Krijt en het Dano-Montien in Zuid-Limburg en het aangrenzende gebied. In Zagwijn W. H. & Van Staalduinen, C. J. (eds), *Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland*. Rijks Geologische Dienst, Haarlem, p. 63-72.

Felder, W. M., 1988. Excursion A8. Lithology and stratigraphy of Upper Cretaceous of the Belgium-Dutch borderland west of the river Meuse. In Herbosch, A. (ed.), *IAS 9th European regional meeting: excursion guidebook, Leuven-Belgium, September 1988*. Ministry of Economic Affairs, Belgian Geological Survey, Brussels, p. 99-134.

Felder, W. M., Bosch, P. W. & Bisschops, J. H., 1984. Geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving (1/50.000). Pré-Kwartair. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

Felder, W. M., Bosch, P. W. & Bisschops, J. H., 1989. Geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving (1/50.000). Afzettingen van de Maas. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

Garcet, R., 1968. Les bancs de silex du Maestrichtien. *Publicaties van het Natuurhistorisch Genootschap in Limburg*, 8 : 57-66.

Geluk, M. C., Duin, E. J. Th., Duser, M., Rijkers, R. H. B., van den Berg, M. W. & van Rooijen, P., 1994. Stratigraphy and tectonics of the Roer Valley Graben. *Geologie en Mijnbouw*, 73 : 129-141.

Geukens, F., 1947. De asymmetrie der droge dalen van Haspengouw. *Natuurwetenschappelijk Tijdschrift*, 29 : 13-18.

Grimbérieux, J., 1955. Origine et asymétrie des vallées sèches de la Hesbaye. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 78 : B267-B286.

Gullentops, F., 1987. The Maastrichtian sea level rise. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 109 : 363-365.

Gullentops, F., Bogemans, F., De Moor, G., Paulissen, E. & Pissart, A., 2002. Quaternary lithostratigraphic units (Belgium). *Geologica Belgica*, 4 : 153-164.

Hallet, V., 1999. Étude de la contamination de la nappe de Hesbaye par les nitrates : hydrogéologie, hydrochimie et modélisation mathématique des processus d'écoulement et de transport en milieu saturé. Thèse de doctorat inédite, Université de Liège, 361 p.

Hedberg, H. D., 1976. Guide stratigraphique international. Classification, terminologie et règles de procédure. Doin, Paris, 233 p.

Humblet, E., 1941. Le bassin houiller de Liège. *Revue Universelle des Mines*, 8^e série, 17 : 357-377.

Humblet, E. & Ancion, Ch., 1949. Géologie minière des bassins houillers belges. III. Le Bassin de Liège. Description générale. *Annales des Mines*, 48 : 377-383.

Jagt, J. W. M., 1989. Ammonites from the Early Campanian Vaals Formation at the CPL quarry (Haccourt, Liège, Belgium) and their stratigraphic implications. *Medelingen Rijks Geologogische Dienst*, 43(1) : 1-33.

Jagt, J. W. M., 1999. Late Cretaceous – Early Palaeogene echinoderms and the K/T boundary in the southeast Netherlands and northeast Belgium. – Part 1: Introduction. *Scripta Geologica*, 116: 1-57.

Jungels, P., 1968. Sondages en Hesbaye. *Service géologique de Belgique, Professional Paper*, 1968/15 : 1-20.

Juvigné, E., 1992. Les formations cénozoïques de la carrière C.B.R. du Romont (Eben/Bassenge, Belgique). *Annales de la Société géologique de Belgique*, 115 : 159-165.

Juvigné, E. & Renard, F., 1991. Les formations post-crétacées de la carrière CBR à Lixhe/Visé (Belgique). *Bulletin de la Société belge de Géologie*, 100 : 163-175.

Juvigné, E. & Renard, F., 1992. Les terrasses de la Meuse de Liège à Maastricht. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 115 : 167-186.

Juvigné, E. & Semmel, A., 1981. Un tuf volcanique semblable à l'Eltviller Tuff dans les loess de Hesbaye (Belgique) et du Limbourg néerlandais. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 31 : 83-90.

Juvigné, E., Tallier, E., Haesaerts, P. & Pirson, S., 2008. Un nouveau stratotype du Téphra de Rocourt dans la carrière de Romont (Eben/Bassenge, Belgique). *Quaternaire*, 19 : 133-139.

Keuller, L., 1912. Note sur les pierres à bâtir du terrain crétacé du Limbourg belge et hollandais. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 39 : B390-B399.

Keutgen, N., 2011. The belemnite zonation of the uppermost Cretaceous in the Maastricht -Aachen-Liège, Brabant-Méhaigne and Mons areas (Belgium, southeast Netherlands). *Netherlands Journal of Geosciences*, 90: 165-178.

Keutgen, N. & Jagt, J. W. M., 1998. Late Campanian belemnite faunas from Liège-Limbourg (NE Belgium, SE Netherlands). *Service géologique de Belgique, Professional Paper*, 1998/2 : 1-32.

Keutgen, N., Jagt, J. W. M., Felder, P. J. & Jagt-Yazykova, E. A., 2011. Stratigraphy of the upper Vijlen Member (Gulpen Formation; Maastrichtian) in northeast Belgium, the southeast Netherlands and the Aachen area (Germany), with special reference to belemnitellid cephalopods. *Netherlands Journal of Geosciences*, 89: 109-136.

Laga, P. 1988. Formatie van Sint-Huibrechts-Hern. In Maréchal, R. & Laga, P. (eds), *Voorstel lithostratigrafische indeling van het Paleogeen*. Commission nationale de Stratigraphie, Commission Tertiaire. Service géologique de Belgique, Bruxelles, p. 164-169.

Laga, P., Louwye, S. & Geets, S., 2002. Paleogene and Neogene lithostratigraphic units (Belgium). *Geologica Belgica*, 4 : 135-152.

Legrand, L., 1967. Reconnaissance de la faille bordière en Hesbaye. *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, 76 : 60-63.

Legrand, R., 1968. Le Massif du Brabant. *Mémoires pour servir à l'explication des Cartes géologiques et minières de la Belgique*, 9 : 1-148.

Legrand, R., 1977. Précision sur le rejet de la Faille Bordière. Le sondage E4 bis à Villers-Saint-Siméon. *Service géologique de Belgique, Professional Paper*, 1977/9 : 1-22.

Macar, P., 1938. Compte rendu de l'excursion du 24 avril 1938, consacrée à l'étude des terrasses de la Meuse entre Liège et l'Ubagsberg (Limbourg hollandais). *Annales de la Société géologique de Belgique*, 61 : B187-217.

Macar, P., 1947a. Tuffeau de Maestricht. In Centenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège (A.I.Lg.) : Congrès 1947 – Section Géologie. Vaillant-Carmanne, Liège, p. 337-341.

Macar, P., 1947b. Les bancs de silex maestrichtiens de la région Meuse-Geer. In Centenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège (A.I.Lg.) : Congrès 1947 – Section Géologie. Vaillant-Carmanne, Liège, p. 213-214.

Malherbe, R., 1889. Etude sur la stratigraphie souterraine de la partie nord-ouest de la province de Liège. *Annales de la Société géologique de Belgique, Mémoires*, 16 : 33-61.

Mathieu, M. L., 1813. Notice sur les orgues géologiques de la colline de Saint-Pierre, près Maëstricht. *Journal des Mines*, 34 : 197-208.

Meijs, E., Mûcher, H., Ouwerkerk, G., Romein, A. & Stoltenberg, H., 1983. Evidence of the presence of the Eltville Tuff Layer in Dutch and Belgian Limbourg and the consequences for the loess stratigraphy. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 33 : 59-78.

Mottequin, B., Ghysel, P., Laloux, M., Marion, J.-M. & Pingot, J.-L., 2012. Detailed mapping of Santonian-Maastrichtian formations in northeast Wallonia, Belgium. In Jagt, J.

W. M. & Jagt-Yazykova (eds), The Maastrichtian Stage; the current concept. Workshop programme, abstracts and field guide. Natuurhistorisch Museum Maastricht, 45-47.

Poty, E., 1991. Tectonique de blocs dans le prolongement oriental du Massif du Brabant. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 114 : 265-275.

Poty, E. & Chevalier, E., 2004. L'activité extractive en Wallonie. Situation actuelle et perspectives. Ministère de la Région wallonne, Direction générale de l'Aménagement du territoire, du Logement et du Patrimoine, Namur, 85 p.

Pouclet, A. & Juvigné, E., 2009. The Eltville Tephra, a Late Pleistocene widespread tephra layer in Germany, Belgium and the Netherlands; symptomatic composition of the minerals. *Geologica Belgica*, 12: 93-103.

Pouclet, A., Juvigné, E. & Pirson, S., 2008. The Rocourt Tephra, a widespread 90–74 ka stratigraphic marker in Belgium. *Quaternary Research*, 70: 105-120.

Quesnel, F., Dupuis, C., Yans, J., Wyns, R., Farjanel, G., Thébeniaut, H., Voisin, L., Lacquement, F., Vergari, A., Baele, J.-M., De Putter, T., Colbach, R., Muller, A., Vanduycke, S., Giot, D. & Brulhet, J., 2002. Paléosurfaces et paléoaltérations dans le Nord de la France et en Belgique. *Géologues*, 133-134 : 40-43.

Renier, A., 1912. L'échelle stratigraphique du terrain houiller de la Belgique. *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, 26 : M119-M157.

Rentier, C., Fierens, C., Van Wittenberg, F & Triolet, N., 2005. Etat des lieux des sous-bassins hydrographiques. Tome 1. Eaux souterraines – Masse d'eau du Crétacé de Hesbaye : RWM040. Ministère de la Région wallonne, DGRNE, 30 p.

Robaszynski, F., 2006. Maastrichtian. In Dejonghe, L. (ed.), *Current status of chronostratigraphic units named from Belgium and adjacent areas*. *Geologica Belgica*, 9: 63-72.

Robaszynski, F., Dhondt, A. & Jagt, J. W. M., 2002. Cretaceous lithostratigraphic units (Belgium). *Geologica Belgica*, 4 : 121-134.

Robaszynski, F., Bless, M. J. M., Felder, P. J., Foucher, J. C., Legoux, O., Manivit, H., Meessen, J. P. M. Th. & Van der Tuuk, L., 1985. The Campanian-Maastrichtian boundary in the chalky facies close to the type-Maastrichtian area. *Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine*, 9 : 1-125.

Ruthy, I., 2009. Carte hydrogéologique de Wallonie. Tongres-Herderen 42/3-4. Service Public de Wallonie, Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement, Namur, 97 p.

Rutot, A., 1889. Analyse du travail de M. Renier Malherbe, intitulé : étude sur la stratigraphie souterraine de la partie Nord-Ouest de la province de Liège. *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, 3, Procès-verbaux : 471-475.

Rutot, A., 1894. Essai de synchronisme des couches maastrichtiennes et sénoniennes de Belgique, du Limbourg hollandais et des environs d'Aix-la-Chapelle. *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, 8, Mémoires : 145-185.

Ruyters, H. M. J., Bosch, P. W., Kisters, P. J. M. & Felder, W. M., 1995. Geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving (1/50.000). Paleozoïcum. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

Service géologique des Pays-Bas, 1957. Articles sur « Vaalser Groenzand or Hervian » et « Gulpens Krijt ». In Sornay, J., Lexique stratigraphique international, volume 1. Europe, 4aVI, Crétacé, CNRS, Paris.

Stevens, Ch., 1934. Les vallées sèches de la Hesbaye liégeoise. *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, 44 : 27-41.

Tavernier, R., 1948. Les formations quaternaires de Belgique en rapport avec l'évolution morphologique du pays. *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, 57 : 609-641.

Thorez, J. & Monjoie, A., 1974. Lithologie et assemblages argileux de la Smectite de Herve et des craies campaniennes et mastrichtiennes (*sic*) dans le Nord-Est de la Belgique. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 96 : 651-670.

Uhlenbroek, G. F., 1905. Le Sud-Est du Limbourg néerlandais. Essai géologique. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 32 : M151-M198.

Uhlenbroek, G. F., 1912. Het krijt van Zuid-Limburg. *Jaarverslag Rijksopsporing van Delfstoffen (pro 1911)* : 48-57.

Van den Broeck, E., 1900. Observations préliminaires sur les blocs erratiques des hauts plateaux de la vallée du Geer à l'est de Tongres avec quelques indications relatives à la tectonique, à la géographie physique et à l'hydrologie du bassin du Geer. *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, 14, Procès-verbaux : 294-303.

Van den Broeck, E. & Forir, H., 1903. Tongres-Herderen, feuille 107 de la carte géologique à 1/40.000. Institut cartographique militaire, Bruxelles.

Vandeven, G., 1993. Banque de données des publications de la Société Géologique de Belgique. 2 – Bibliographies « par carte géologique ». *Service géologique de Belgique, Professional Paper*, 1993/8 : 1-175.

Vandycke, S., 1992. Tectonique cassante et paléo-contrainte dans les formations crétacées du Nord-Ouest européen. Implications géodynamiques. Thèse de doctorat inédite, Université de Paris VI, 179 p.

Vandycke, S., 2002. Palaeostress records in Cretaceous formations in NW Europe: extensional and strike-slip events in relationships with Cretaceous-Tertiary inversion tectonics. *Tectonophysics*, 357 : 119-136.

Verniers, J., Herbosch, A., Vanguetaine, M., Geukens, F., Delcambre, B., Pingot, J.-L., Belanger, I., Hennebert, M., Debacker, T., Sintubin, M. & De Vos, W., 2002. Cambrian-Ordovician-Silurian lithostratigraphic units (Belgium). *Geologica Belgica*, 4 : 5-38.

Willems, L., Rodet, J., Ek, C., Dusar, M., Lagrou, D., Fournier, M., Laignel, B. & Pouclet, A., 2007a. Karsts des craies et calcarénites de la Montagne Saint-Pierre (Basse Meuse liégeoise). *Bulletin des Chercheurs de la Wallonie*, 54 : 171-186.

Willems, L., Rodet, J., Fournier, M., Laignel, B., Dusar, M., Lagrou, D., Pouclet, A., Massei, N., Dussart-Baptista, L., Compère, Ph. & Ek, C., 2007b. Polyphase karst system in Cretaceous chalk and calcarenite of the Belgian-Dutch border. *Zeitschrift für Geomorphologie, Neue Folge*, 51: 361-376.

ANNEXES

Localisation des prises d'eau souterraine en exploitation

Situation au 06/01/2010

Lambert (m)	X Lambert (m)	Y Commune	nature d'ouvrage	Activité de l'exploitant
235.327	162.594	BASSENGE	PUITS FORE	ACTIVITE AGRICOLE (ELEVAGE)
240.088	164.022	BASSENGE	PUITS FORE	ACTIVITE INDUSTRIELLE
240.942	161.588	WISE	PUITS FORE	ACTIVITE INDUSTRIELLE
241.969	162.258	WISE	PUITS FORE	ACTIVITE INDUSTRIELLE
240.260	158.233	OUPEYE	PUITS FORE	PARTICULIER (NON RACCORDE A LA DISTRIBUTION)

Source : SPW – Département de l'Environnement et de l'Eau – Direction des Eaux souterraines
Avenue Prince de Liège, 15
5100 JAMBES

Sondages

De nombreux sondages généralement peu profonds ont été exécutés sur le territoire de la carte ; ils sont décrits dans les archives de la carte géologique. Quelques sondages mineurs sont repris ci-dessous et n'ont d'autre intérêt que de quantifier l'épaisseur des limons.

Sondage 107E/83

Situé à Slins, ce sondage d'une profondeur de 6,5 m a débuté à la cote 140 m. Ses coordonnées Lambert sont les suivantes : X, 237,525 ; Y, 158,212.

0-6,5 m	limon et sable
6,5 m	silex

Sondage 107E/85

Ce sondage d'une profondeur de 10 m (cote d'origine : 161 m) est situé au lieu-dit Sur le Sart (à l'W d'Heure-le-Romain), c'est-à-dire à proximité du point culminant du territoire cartographié. Ses coordonnées Lambert sont les suivantes : X, 234,074 ; Y, 159,234.

0-10 m	limon
--------	-------

Sondage de Houtain-Saint-Siméon (107E/246)

Situé à l'ouest du cimetière du village de Houtain-Saint-Siméon, le sondage a débuté à la cote 154 m et atteint une profondeur de près de 202 m.

0-10 m	limon
10-25 m	argile à silex
25-79 m	Formation de Gulpen
79-92 m	Formation de Vaals
92-143,8 m	Groupe houiller

143,8-201,74 m Formation de Souvré

Pour en savoir plus :

Bouckaert & Graulich (1966)

Legrand (1977)

Poty (1991)

Sondage de Fexhe-lez-Slins (107E/247)

Creusé à l'ancien lieu-dit « La Croix rouge », à 75 m au sud de la route reliant Fexhe-lez-Slins, l'orifice du sondage était situé à l'est du village de Houtain-Saint-Siméon. Débutant à l'altitude d'environ 145 m, le sondage a atteint une profondeur de près de 68 m. Ses coordonnées Lambert sont les suivantes : X, 236,450 ; Y, 158,777.

0-4 m	limon quaternaire
4-10 m	silex et sable
10-66,9 m	Formation de Gulpen
66,9-67,9 m	Formation de Vaals

Pour en savoir plus :

Jungels (1968)

Sondage de Slins (107E/248)

Situé au cœur du village de Slins, il a atteint le contact entre les formations de Vaals et de Gulpen. La cote d'origine était 146,78 m. Ses coordonnées Lambert sont les suivantes : X, 234,381 ; Y, 158,284.

0-50 m	puits (pas de données)
50-73 m	Formation de Gulpen
73-74 m	Formation de Vaals

Pour en savoir plus :

Jungels (1968)

Sondage 107E/275

Situé au SE du lieu-dit Bois-Bechet, ce sondage a atteint le contact entre la Formation de Vaals et le Groupe houiller. La cote d'origine était 125 m. Ses coordonnées Lambert sont les suivantes : X, 238,328 ; Y, 161,190.

0-5,4 m	limon et colluvions de la Formation de Maastricht sous-jacente
5,4-14,8 m	Formation de Maastricht
14,8-82 m	Formation de Gulpen
82-100,5 m	Formation de Vaals
102 m	Groupe houiller (pas de données entre 100,5 m et 102 m)

Sondage 107E/265

Situé sur le plateau au N d'Eben-Emael, ce sondage a atteint une profondeur de 58 m ; ses coordonnées Lambert sont les suivantes : X, 241,017 ; Y, 166,947.

0-16,3 m	limon et cailloutis de terrasse
16,3-30,30 m	Formation de Sint- Huibrechts-Hern
30,3-58 m	Formation de Gulpen

Sondage 107E/209

Situé à proximité du radar de Glons, ce sondage profond de 22 m a débuté à la cote 138 m. Ses coordonnées Lambert sont les suivantes : X, 233,032 ; Y, 159,277.

0-5 m	limon
5-7 m	sable mélangé d'argile à fragments de silex et de grès quartzitique
7-9 m	silex
9-22 m	Formation de Maastricht

TABLE DES MATIÈRES

Résumé

1. Introduction

- 1.1. Etablissement de la carte
- 1.2. Cadre géologique et géographique

2. Description des formations

- 2.1. Introduction
- 2.2. Description
 - 2.2.1. Les terrains du Paléozoïque
 - Groupe houiller
 - 2.2.2. Les terrains mésozoïques
 - 2.2.2.1. Remarques
 - 2.2.2.2. Le Crétacé
 - Formation de Vaals
 - Formation de Gulpen
 - Formation de Maastricht
 - 2.2.3. Les terrains cénozoïques
 - Silex résiduels
 - Formation de Sint-Huibrechts-Hern
 - Alluvions anciennes
 - Limons
 - Alluvions modernes
 - Dépôts anthropiques

3. Schéma chronostatigraphique

4. Géologie structurale – Tectonique

- 4.1. Introduction
- 4.2. La structure de la couverture
- 4.3. La structure du socle paléozoïque

5. Phénomènes karstiques

6. Ressources du sous-sol et exploitations

- 6.1. Hydrogéologie
 - 6.1.1. Les bassins hydrographiques
 - 6.1.2. Les aquifères
- 6.2. Ressources minérales, mines et carrières – matériaux utiles
 - 6.2.1. Les calcaires
 - 6.2.2. Les silex
 - 6.2.3. Les sables
 - 6.2.4. Le charbon

7. Géotourisme

Bibliographie

Annexes

- Localisation des prises d'eau souterraine en exploitation
- Sondages

Farben- und Zeichenerklärung – *Legende* – Legend

Table des matières