

Atlas du Karst Wallon

Ressources naturelles
Environnement

SPW | Éditions

ATLAS

Bassins versants du Hoyoux et de la Solières



Coordination : Georges Michel & Georges Thys
Commission Wallonne d'Etude
et de Protection des Sites Souterrains



Wallonie

Atlas du Karst Wallon

Bassins versants du Hoyoux et de la Solières

Inventaire des sites karstiques et des rivières souterraines de Wallonie



Publié sous la direction de Georges Michel & Georges Thys

Commission Wallonne d'Etude et de Protection
des Sites Souterrains, A.S.B.L.

2016

Table des matières

Avant-propos (Georges THYS).....	5
Structure et présentation de l’Ouvrage (Georges MICHEL & Laurence REMACLE).....	7
Méthodologie de l’Inventaire (Georges THYS).....	12
Partie 1 : Articles thématiques	17
Géologie et ressources du sous-sol	
• Aperçu géologique du bassin du Hoyoux.....	18
<i>Jean-Marc MARION, Eric GOEMAERE & Bernard MOTTEQUIN</i>	
• Les ressources du sous-sol du bassin du Hoyoux jusqu’aux portes de la ville d’Andenne. Un riche passé industriel qui se conjugue au présent.....	30
<i>Eric GOEMAERE, Jean-Marc MARION & Bernard MOTTEQUIN</i>	
Hydrogéologie et prises d’eau	
• Hydrogéologie du bassin du Hoyoux.....	41
<i>Pierre BRIERS, Pierre JAMIN, Ingrid RUTHY, Philippe ORBAN & Serge BROUYÈRE</i>	
• Le bassin du Triffoy et les eaux souterraines.....	48
<i>Exemple de caractérisation des échanges entre nappe et rivière</i> <i>Pierre BRIERS, Jean-Pierre DESCY, Flore SCHMIT, Vincent HALLET, Philippe ORBAN & Serge BROUYÈRE</i>	
• Prises d’eau dans le bassin du hoyoux.....	55
<i>Roland MASSET & Véronique WILLAME</i>	
• Prises d’eau de VIVAQUA au château de Modave.....	57
<i>Marie DERICK</i>	
• La CIESAC, une société de production et de distribution d’eau au cœur du Hoyoux.....	63
<i>Gérard LAVAL</i>	
Etude, gestion et conservation d’un milieu remarquable et fragile	
• Prise en compte des eaux souterraines dans la gestion de la rivière.....	68
<i>Sylvie MESSIAEN</i>	
• Valeur écologique du bassin de la Solières.....	73
<i>Yves CAMBY</i>	
• Les occupations préhistoriques en contexte karstique de Sclayn à la vallée du Hoyoux.....	77
<i>Kévin DI MODICA, Rebecca MILLER, Grégory ABRAMS, Dominique BONJEAN & Michel TOUSSAINT</i>	
• Le bassin du Hoyoux, un espace obligé pour les chauves-souris dans le Condroz.....	88
<i>Jean-Louis GATHOYE</i>	
• Biodiversité et statut de protection dans le bassin Hoyoux.....	95
<i>Quentin SMITS</i>	
• Végétation du ruisseau du Triffoy et du Hoyoux près du moulin de Roiseux.....	101
<i>Guy BOUXIN, Pierre BRIERS & Georges MICHEL (CWEPS)</i>	
• Spéléologie dans les bassins du Hoyoux, de la Solières et de Marchempré.....	110
<i>Gérald FANUEL</i>	
Partie 2 : Inventaire des sites (cartographies et fiches descriptives)	119
Partie 3 : Références bibliographiques	371
Index des sites	377



Aperçu géologique du bassin du Hoyoux

Jean-Marc MARION¹, Eric GOEMAERE² & Bernard MOTTEQUIN³

¹Evolution & Diversity Dynamics Laboratory, Unité de Paléontologie Animale, Département de géologie, Université de Liège, jmmarion@ulg.ac.be

²Service géologique de Belgique, Direction opérationnelle Terre et Histoire de la Vie, Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique, Rue Jenner 13, B-1000 Bruxelles, eric.goemaere@naturalsciences.be

³Direction opérationnelle Terre et Histoire de la Vie, Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique, bmottequin@naturalsciences.be

Introduction

Le Hoyoux prend sa source dans le Condroz pour rejoindre la Meuse à Huy. Il traverse, avec ses affluents, des contrées naturelles variées et contrastées, tant dans leur morphologie (fig. 1)

que dans leur affectation des sols. De l'amont à l'aval, ce sont le Condroz, la dépression médio-dévonienne, le Condroz ardennais et la Bande de Sambre-et-Meuse (sillon mosan).

Ces contrées naturelles sont liées à la nature du sous-sol qui est constitué de terrains sédimentaires s'étageant depuis

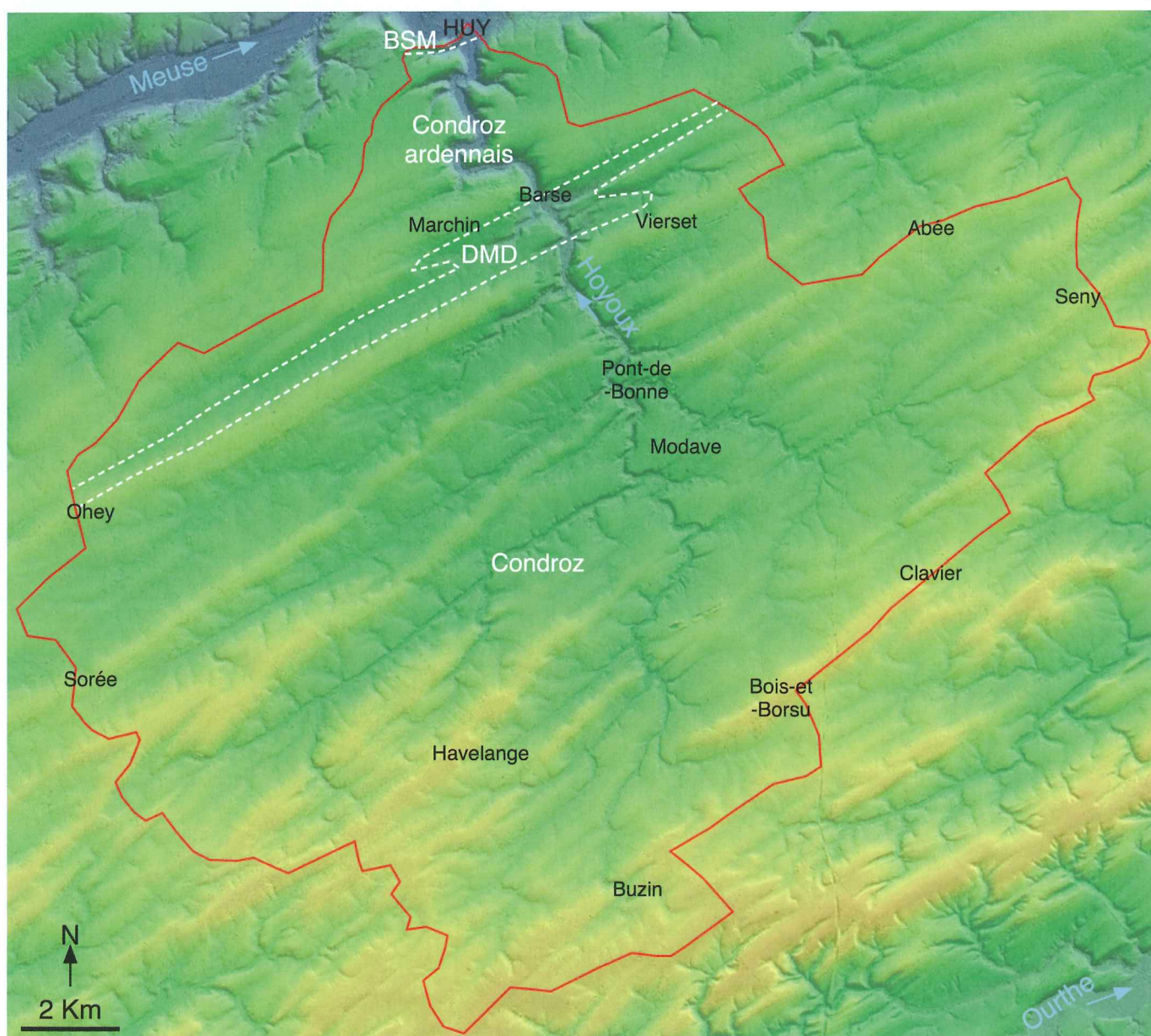


Fig. 1 – Le bassin du Hoyoux : la succession des crêtes (tons jaunes), dépressions (tons verts) et vallées (tons bleutés), qui traduisent l'orientation des structures géologiques, est mise en évidence par le modèle numérique de terrain généré par l'utilisation du LIDAR (télé-détection topographique par scannage laser de la surface du sol). A l'amont de Barse, cet outil qui permet la création de modèles numériques de terrain très performants, met en évidence la succession des tiges et chavées typiques du Condroz. BSM : Bande de Sambre-et-Meuse ; DMD : Dépression médio-dévonienne.

l'Ordovicien moyen jusqu'au Carbonifère supérieur ; quelques témoins d'activité volcanique se rencontrent dans les formations du Paléozoïque inférieur. Les dépôts de couverture comprennent des terrains sablo-argileux (Paléogène), souvent piégés dans les cavités karstiques, et des dépôts limoneux et graveleux quaternaires.

Les interactions entre les cadres structuraux et lithologiques se traduisent par des comportements hydrogéologiques différents. Les plus importants sont l'activité à l'œuvre au sein des calcaires dévoniens et dinantiens et aussi, le potentiel aquifère des calcaires carbonifères.

Les ressources minérales (calcaires, conglomérats, grès, minerais de fer, sables et argiles – voir Goemaere *et al.*, ce volume) furent jadis intensément exploitées comme en témoignent les nombreuses carrières qui parsèment la région. A l'heure actuelle, seuls les grès fameniens et le calcaire crinoïdique tournaisien connu sous le nom de « Petit granit » (prononcé

« grani ») font encore l'objet d'une activité extractive artisanale dans le bassin du Hoyoux.

Cadre géologique

Le Hoyoux s'étire sur environ 25,5 km, depuis Buzin, où il prend sa source à une altitude d'environ 285 m, jusqu'à Huy où il se jette dans la Meuse à une altitude de 75 m (fig. 1). Avec ses affluents, il draine un bassin d'un peu plus de 250 km² (figs. 1 et 2). Sa pente moyenne, qui est de 0,82 m/100 m, soit moins de 1 %, a notamment permis le développement de barrages de tuf calcaire (communément appelé travertin dans la région).

De manière générale, sur ce territoire qui s'étend jusqu'en lisière de la dépression de la Famenne, les affleurements rocheux des formations géologiques recoupées par cette rivière et son cortège d'affluents sont peu nombreux. Ils se concentrent dans les vallées dont l'incision, qui est d'une bonne cinquantaine de mètres à Modave, augmente en

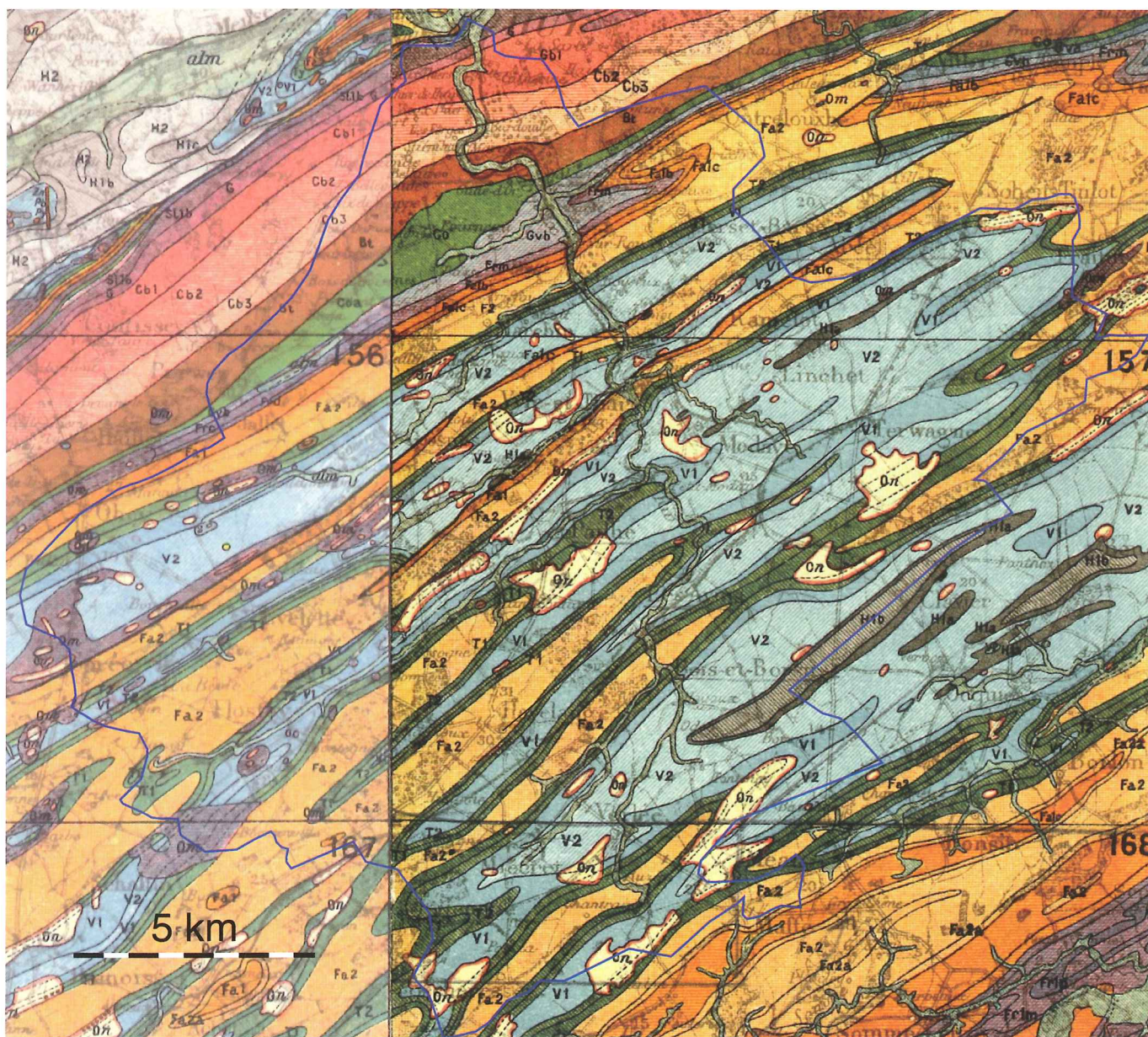


Fig. 2 – Tableau d'assemblage des cartes géologiques couvertes par le bassin du Hoyoux (souligné par le trait bleu). S11b, la Bande de Sambre-et-Meuse ; G à Co, le Condroz ardennais ; Gvb et Fr, la Dépression médio-dévonienne ; Fa à H1b, le Condroz avec les grès Fa2 en position anticlinale entre les calcaires dinantiens (Tn et V) en position synclinale ; le Houillier (H1a et b) affleure en synclinaux perchés (modifié, d'après les planches VII et VIII de l'Atlas géologique de Belgique à 1/160.000, 1945).

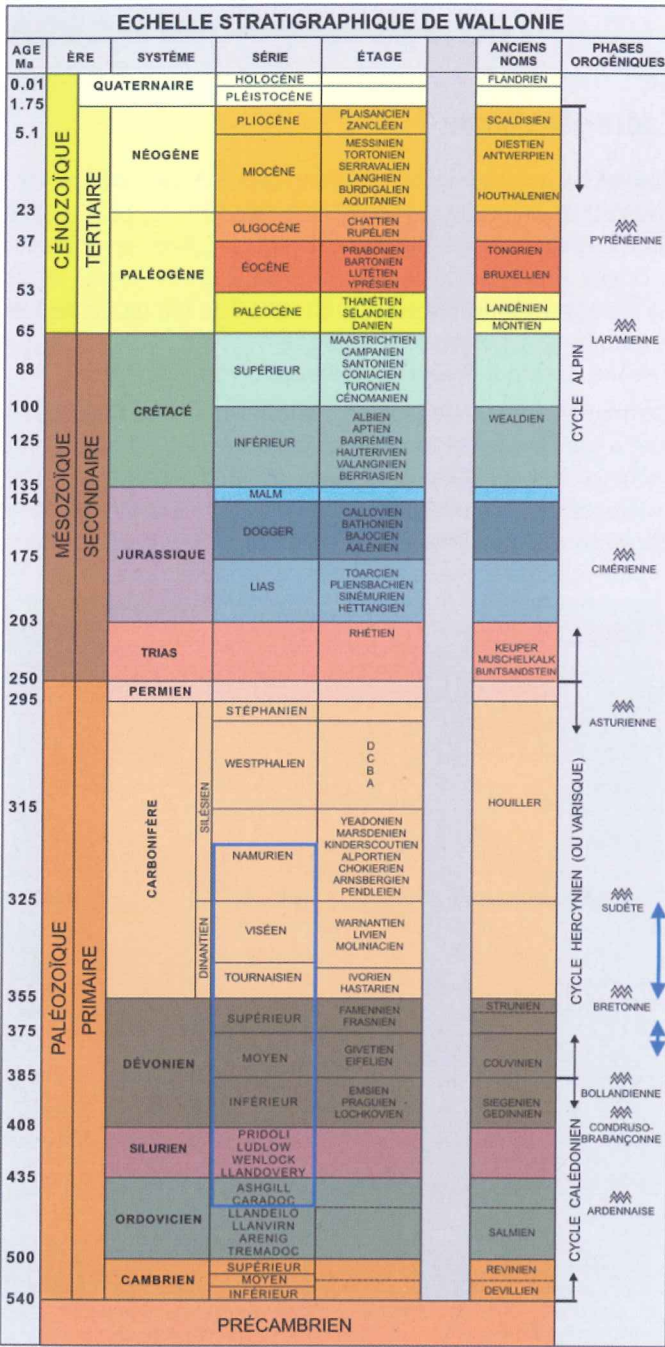


Fig. 3 – Echelle stratigraphique de Wallonie. Les doubles-flèches bleues signalent la position des dépôts karstif s : calcaires dévoniens (moyen et supérieur) et calcaires carbonifères ; le rectangle bleu montre l'ensemble des dépôts pal ozoiques recoupés par le Hoyoux et ses affluents (modifié, d'après Dejonghe et al., 2007: Guide de lecture des cartes géologiques de Wallonie, Région wallonne, p. 26).

direction de la confluence mosane, pour atteindre 150 mètres entre R gissa et le Faubourg Sainte Catherine, à l'entrée de Huy.

Le bassin du Hoyoux comporte deux régions caractérisées par des phénomènes karstiques et leur potentiel aquifère. Il s'agit, d'une part, du Condroz où les calcaires dinantiens affleurent en position synclinale dans le creux de dépressions séparées les unes des autres par des crêtes anticlinales qui sont occupées par les grès famenniens. D'autre part, l'étroite bande de calcaires dévoniens (d'âges givetien et frasnien), positionnée immédiatement au NW de la région précédente, sépare le Condroz, qui est constitué d'une alternance de dépôts du Famennien et du Dinantien (grès et calcaires), du Condroz ardennais, qui est formé de dépôts du D vonian inférieur et de l'Eifelien (conglomérats, quartzites, grès et schistes).

Gr ce à sa direction d'écoulement, qui recoupe transversalement les formations géologiques, la vallée du Hoyoux a permis à plusieurs générations de géologues de réaliser une coupe NNW-SSE à travers les dépôts pal ozoiques, depuis le flanc méridional du « Synclinorium de Namur » (nouveau nom :  cailles de Haine-Sambre-et-Meuse, Belanger et al., 2012) jusqu'au cœur du Synclinorium de Dinant, offrant aussi une section à travers la Bande ordovico-silurienne de Sambre-et-Meuse.

L'histoire géologique de la région concernée (figs. 2-3) comprend une succession de phases de sédimentation, de plissement et d'érosion dont les principales sont les suivantes :

- dépôt de sédiments détritiques terrigènes au cours de l'Ordovicien et du Silurien ;
- plissement des terrains ordovico-siluriens lors de l'orog nese calédonienne et érosion de ceux-ci entre le Silurien supérieur et le Lochkovien supérieur (bord nord du Synclinorium de Dinant), voire le Givetien pour le flanc méridional du Parautochtone mosan (Belanger et al., 2012) ;
- dépôt, en discordance sur le socle calédonien, de sédiments d vono-carbonifères ;
- orog nese varisque (ou hercynienne), érosion et p n plation ;
- dépôt de sédiments m sozoiques et c nozoiques, généralement meubles, discordants sur cette pénéplaine ;
- depuis la fin du C nozoique, le soulèvement de la pénéplaine  pi-varisque a entraîné l'érosion presque complète de la couverture tertiaire dont il ne subsiste plus que de rares témoins.

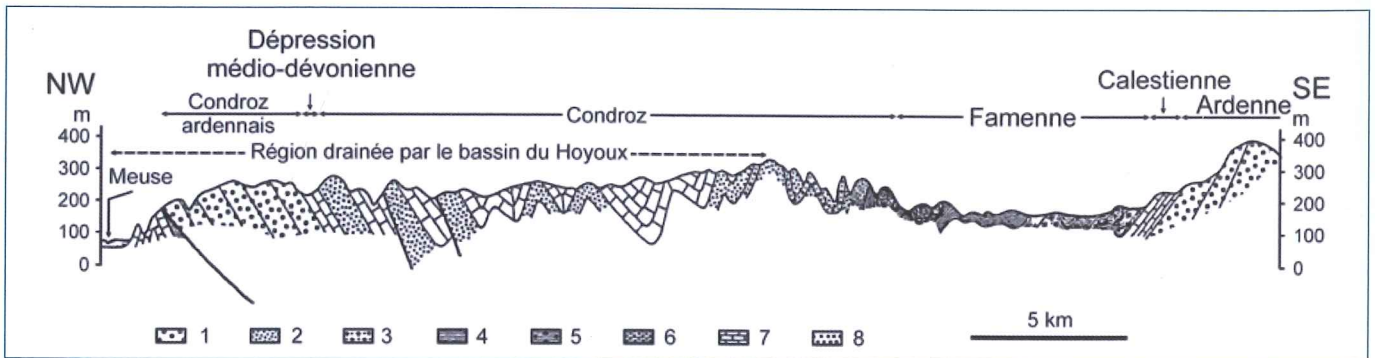


Fig. 4 – Coupe schématique à travers les grandes unités géomorphologiques situées au sud de la Meuse (Poty, 1976, – L'influence de la structure géologique sur le relief de la Belgique, 107-113. In Pissart, A. (ed.), Géomorphologie de la Belgique). 1. Gr s, siltites, schistes et conglomérats ; 2. Grès et siltites ; 3. Gr s carbonatés ; 4. Schistes ; 5. Schistes noduleux ; 6. Schistes et siltites ; 7. Calcaires ; 8. Gr s et siltites.

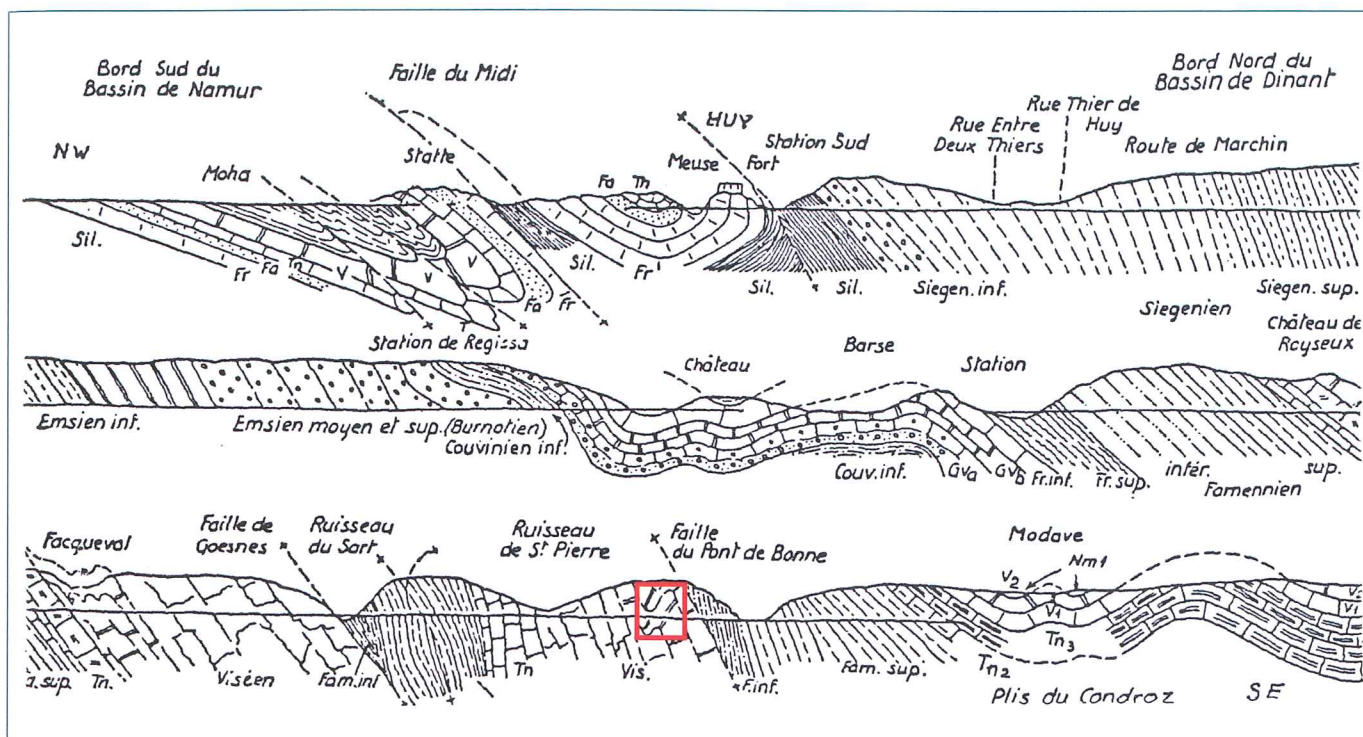


Fig. 5a – Coupe géologique orientée NW-SE recoupant le Synclinorium de Namur, la Bande de Sambre-et-Meuse et une partie du Synclinorium de Dinant (Lombard, 1958, *Géologie de la Belgique: une introduction. Les Naturalistes belges*, 168 p.). Voir la figure 5b: photo ancienne montrant un détail de cette coupe (rectangle rouge).

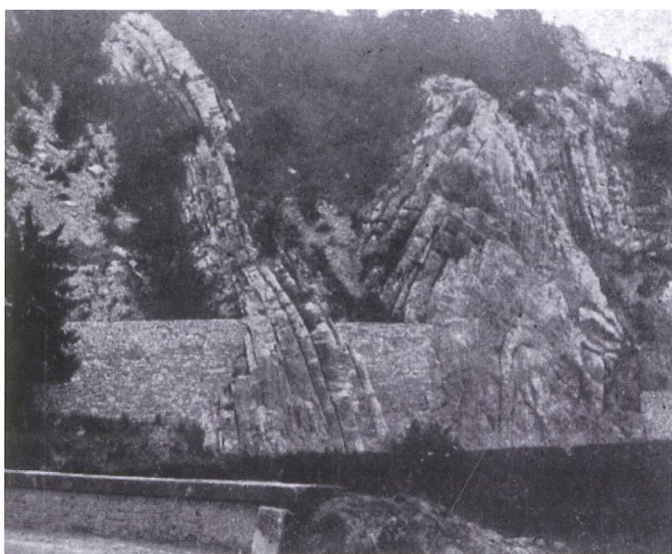


Fig. 5b – Plis serrés développés au sein des calcaires viséens du Groupe du Hoyoux, au nord de la Faille du Pont-de-Bonne, sous l'oppidum (Fourmarier, 1907. *La tectonique de l'Ardenne. Annales de la Société géologique de Belgique*, 34, M15-M124.). Cette photo est localisée sur la figure 5a par un rectangle rouge.

Cadre géomorphologique

Le plateau hérité de la pénéplaine post-varisque a été profondément entaillé par les nombreux cours d'eau qui drainent la région au Quaternaire (fig.1). Au sud de la Meuse, l'érosion différentielle a mis en évidence deux ensembles litho-structuraux majeurs :

- le Condroz ardennais: limité au nord par la dépression précondrusienne occupée par les terrains ordovico-siluriens de la Bande de Sambre-et-Meuse, d'allure monoclinale à

plissée, il correspond aux couches pélitiques et arénacées des formations du Dévonien inférieur et moyen ; (figs.4 et 5a)

- le Condroz : constitué d'une succession de crêtes (tîges) et de dépressions allongées (chavées ou xhavées) qui correspondent respectivement à des anticlinaux de grès fameniens et de synclinaux carbonifères. Le Parautochtone brabançon (Belanger *et al.*, 2012) ne présente pas de relief caractéristique.

Les calcaires givetiens et frasnien, ainsi que les formations argileuses du Frasnien supérieur et du Famennien inférieur, forment la transition (dépression médio-dévonienne) entre les deux ensembles décrits ci-dessus. Les massifs boisés sont généralement établis sur le Condroz ardennais ainsi que sur les versants escarpés de la vallée du Hoyoux et de ses affluents. Les plateaux et les fonds de vallées caractéristiques du relief condrusien en « tîges » et « chavées » sont dévolus aux cultures ainsi qu'aux pâtures.

Description des formations carbonatées dans lesquelles sont développés les phénomènes karstiques

Ces descriptions sont extraites des notices des cartes géologiques de Wallonie dont la couverture concerne le bassin du Hoyoux (Delcambre & Pingot, sous presse ; Barchy & Marion, sous presse a et b ; Barchy & Marion, 2008 ; Mottequin & Marion, sous presse, Mottequin *et al.*, 2014). Les lecteurs intéressés par une bibliographie détaillée sont invités à consulter les références ci-dessus, ainsi que la publication de P. Bultynck & L. Dejonghe (2002. *Devonian lithostratigraphic units (Belgium). Geologica Belgica*, 4, 39-69).

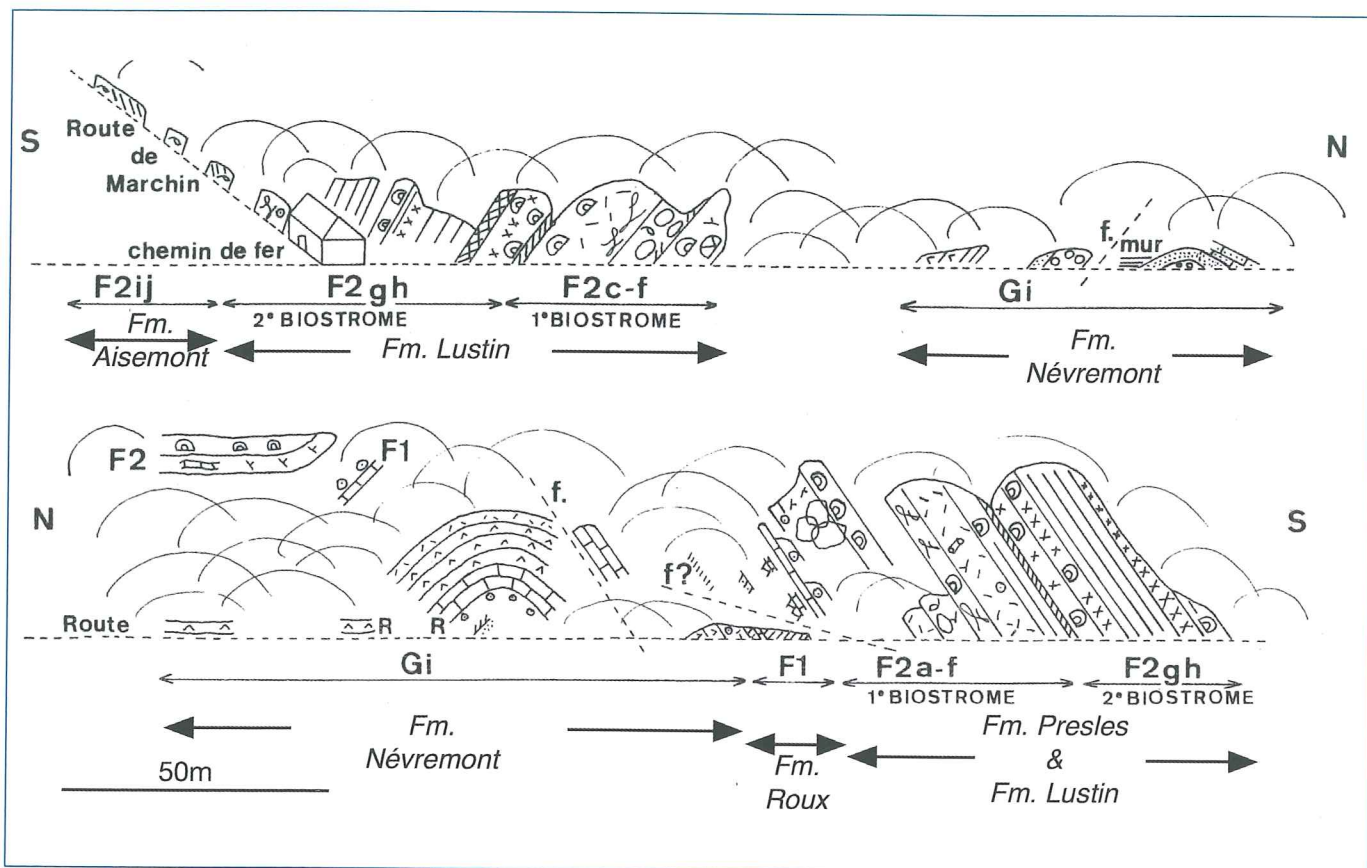


Fig. 6 – Coupe schématique au sein des formations de Névremont, du Roux et de Lustin à Barse, vallée du Hoyoux (Coen-Aubert, 1973). En haut, coupe en rive gauche du Hoyoux, le long du RAVeL et de la route vers Marchin ; en bas, coupe en rive droite du Hoyoux, le long de la route nationale.

La bande des calcaires du Dévonien moyen et supérieur du bassin du Hoyoux

Remarque importante : sur l'édition de la carte géologique Huy-Nandrin à 1/40 000 (Dewalque *et al.*, 1898), les calcaires frasniens de la Formation de Lustin ont été rangés dans le Givetien supérieur (Gvb). Les seuls calcaires frasniens recensés ont été notés « Fr » et correspondent à la Formation d'Aisemont. Les « détails » de certaines descriptions lithologiques données ci-dessous revêtent une grande importance tant sur le plan hydrogéologique (minces niveaux aquicludes ou aquitards) que comme repères pratiques en grottes.

Le Givetien

La Formation de Névremont

Particulièrement bien exposée dans la vallée du Hoyoux (notée « Gi » à la fig. 6), à proximité du Moulin de Barse (de manière discontinue dans la tranchée du RAVeL ainsi qu'en bordure de la route N641), la Formation de Névremont comprend des calcaires fins à grenus, clairs à foncés, parfois laminaires et disposés en bancs pluridécimétriques. Quelques minces intercalations de schistes interrompent la succession carbonatée. Un niveau biostromal (calcaire « construit », riche en fossiles : brachiopodes, rugueux, tabulés et stromatopores) est caractéristique du sommet de la formation (fig. 7). Son épaisseur est de l'ordre d'une vingtaine de mètres. La présence de brachiopodes stringocéphalidés au sein de la Formation de Névremont indique un âge givetien (Coen-Aubert, 1973).

Formation du Roux

Dans la vallée du Hoyoux, la Formation du Roux affleure de manière discontinue le long de la route N641, au nord du carrefour de Barse (notée « F1 » à la fig. 6, rive droite). Elle correspond à un ensemble de roches argilo-calcaires et dolomitiques. Ces lithologies sont généralement gréseuses et de minces bancs de grès carbonatés sont également présents (fig. 7). Cette formation est d'âge givetien (ancien Gvb, devenu ensuite temporairement F1, soit Frasnien) et son épaisseur est de l'ordre d'une dizaine de mètres (Coen-Aubert, 1973).

Le Frasnien

La Formation de Presles

La Formation de Presles (« F2a-b » à la fig. 6) comprend de minces bancs de dolomie à crinoïdes et de calcaire à brachiopodes et coraux ainsi que des schistes (shales) foncés parfois ferrugineux et localement carbonatés à dolomitiques. Son épaisseur varie de 4 à 9 m. Elle est datée du Frasnien inférieur, (Coen-Aubert, 1973). Une bonne coupe de cette formation est visible dans la tranchée du chemin de fer à l'est du cimetière de Huy, en rive gauche de la Meuse.

La Formation de Lustin

La Formation de Lustin (« F2c-h » à la fig. 6) est essentiellement calcaire – les interlits schisteux y sont rares – et formée d'alternances de calcaires construits à aspect massif et de calcaires stratifiés. La teinte prédominante est le gris clair

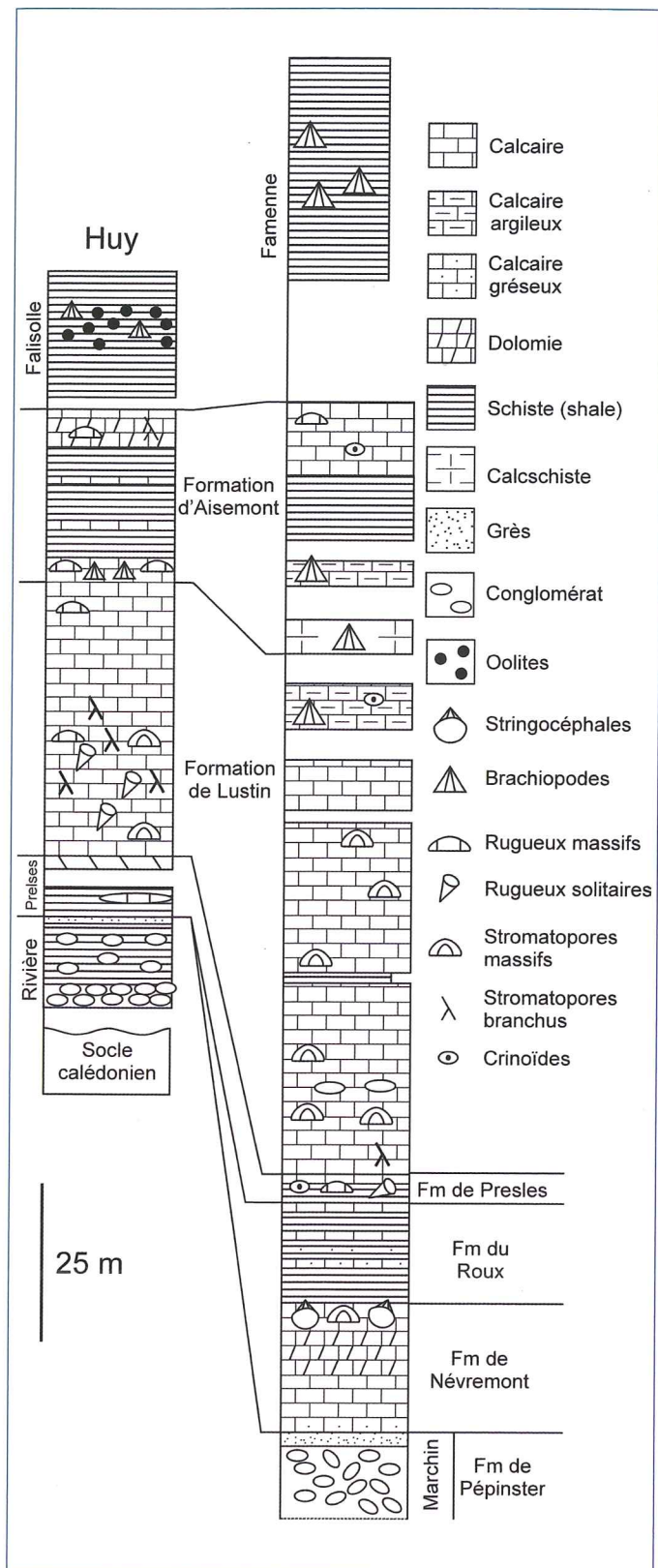


Fig. 7 – Colonnes lithologiques partielles relatives aux calcaires dévoniens, entre la citadelle de Huy (Ecailles Haine-Sambre-Meuse sensu Belanger et al., 2012) et Vierset-Barse (bord nord du Synclinorium de Dinant) (modifié d'après Coen-Aubert, M. & Lacroix, D., 1979. Le Frasnien dans la partie orientale du bord sud du synclinorium de Dinant. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 101 : 269-279).

à foncé. L'unité inférieure de la formation comprend des calcaires massifs à stromatopores massifs (en boules) et branchus, ainsi que des coraux (rugueux et tabulés) au sein desquels s'intercalent des calcaires argileux grossièrement noduleux et d'autres, finement grenus et en bancs minces.

Cet ensemble est interrompu par une intercalation métrique de schistes (shales) noirs et de calcaires argileux, à laquelle fait suite l'unité supérieure composée de calcaires massifs à coraux et à stromatopores et de calcaires en bancs minces. L'épaisseur de cette formation calcaire est variable, de l'ordre de 80 m dans la vallée du Hoyoux, (fig. 7) à une quarantaine de mètres à Huy-Statte; elle est d'âge frasnien moyen (Coen-Aubert, 1973).

De bons affleurements de cette unité lithostratigraphique sont visibles à Barse (coupes situées dans la tranchée du RAVeL et le long de la N641). A Huy, la coupe de la tranchée du chemin de fer, au nord de l'ancienne gare Saint-Hilaire, complétée par celle du cimetière, offre un bon aperçu de la formation, malgré la présence de failles. Le plus bel affleurement supporte la citadelle de Huy.

La Formation d'Aisemont

La Formation d'Aisemont («F2i-j» à la fig. 6) est d'âge frasnien supérieur (Coen-Aubert, 1973). Son épaisseur est de l'ordre de 25 m à Huy et 35 m à Vierset-Barse; elle comprend trois termes facilement identifiables (fig. 7) :

- l'inférieur comprend des calcaires argileux riches en brachiopodes, occasionnellement associés à des rugueux massifs, au sein desquels s'intercalent des schistes (shales) pauvres en macrofaune ;
- le terme médian est essentiellement constitué de schistes (shales) verts ;
- le terme supérieur correspond à des calcaires foncés, généralement dolomités et caractérisés par la présence de nombreux oncolithes (algues encroûtantes).

Le Famennien

La Formation de Souverain-Pré

Les siltites à nodules calcaires de la Formation de Souverain-Pré n'ont pas été observées sur la carte Huy-Nandrin, bien que des lignes de sources laissent présager leur présence. Ces dépôts, dont l'épaisseur augmente vers le sud en parallèle avec l'affirmation de leur caractère carbonaté, affleurent par contre sur les cartes Modave-Clavier (Barchy & Marion, sous presse), Maffe-Grandhan (Marion & Barchy, 2008), Gesves-Ohey (Delcambre & Pingot, sous presse), Natoye-Ciney (Marion & Barchy, sous presse) et Hamoir-Ferrières (Marion & Barchy, sous presse). Ainsi, dans la vallée du Hoyoux, la formation, qui est absente à Royseux, atteint une épaisseur de 3 à 4 m à Chabôfosse (tranchée du RAVeL), une dizaine de mètres à Pont-de-Bonne et environ 35 m au sud du bassin du Hoyoux. Ces dépôts, situés sous les grès de Montfort, sont particulièrement bien identifiables, vu leur aspect carié, et sont parfois responsables de petits effondrements ou de dolines en surface. Ils présentent un potentiel aquifère intéressant, de par leur position entre l'aquifère des grès du Famennien supérieur (Formation de Montfort) et les alternances grès fins/siltites de la Formation d'Esneux. Cette formation est d'âge famennien moyen.

Les calcaires du Carbonifère (Dinantien)

La succession dinantienne présente des différences notables sur son aire d'affleurement en Belgique, mais aussi au sein du Synclinorium de Dinant. Celles-ci résultent de la situation



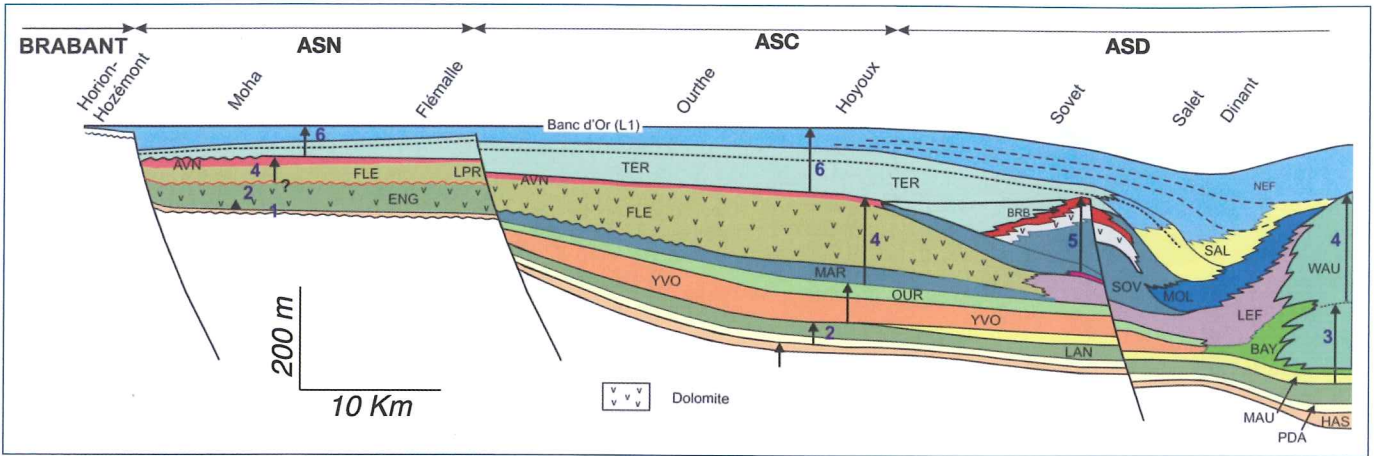


Fig. 8 – Localisation du bassin du Hoyoux dans la distribution des formations dinantiennes reconnues au sein du bassin de Namur-Dinant, avec indication des aires de sédimentation : ASN, aire de sédimentation de Namur ; ASC, aire de sédimentation du Condroz ; ASD, aire de sédimentation de Dinant. Les flèches noires montrent les séquences de troisième ordre, du Tournaisien jusqu'au Viséen inférieur (modifié, d'après Devuyt et al., 2005).

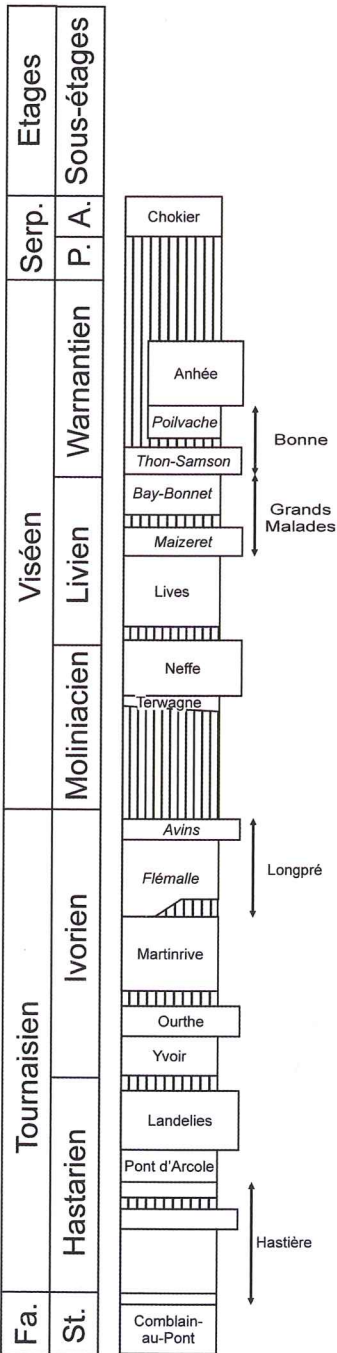


Fig. 9 – Succession lithostratigraphique dinantienne observée dans l'aire de sédimentation du Condroz (Poty et al., 2002). Abréviations : A., Arnsbergien ; Fa., Famennien ; P., Pendleien ; Serp., Serpukhovien ; St., Strunien. Les membres sont indiqués en italique.

paléogéographique qui prévalait au Carbonifère. Les calcaires carbonifères du bassin du Hoyoux appartiennent à l'aire de sédimentation du Condroz (ASC, au SE de Royseux, fig. 8). Il n'est pas improbable qu'à proximité des sources du Hoyoux, certains affleurements puissent être rattachés à l'aire de sédimentation de Dinant, caractérisée notamment par la présence de monticules carbonatés, fréquemment dolomités, qui peuvent atteindre un diamètre plurihectométrique et plus de 300 m d'épaisseur (mieux connus sous le nom de récifs waulsortiens ; Poty et al., 2002).

Le Tournaisien

La Formation d'Hastiérie

La Formation d'Hastiérie est classiquement divisée en trois membres :

- Le membre inférieur : calcaires crinoïdiques gris foncé à noirs, en bancs décimétriques à pluridécimétriques avec intercalations de calcshales ;
- le membre moyen : calcaires crinoïdiques disposés en bancs pluridécimétriques à métriques ;
- le membre supérieur : similaire au terme inférieur, mais avec des horizons de calcshale plus abondants.

Ces dépôts sont d'âge tournaisien inférieur (Hastarien) et leur épaisseur est de l'ordre de 15 à 20 m au bord nord du Synclinorium de Dinant. Une coupe complète est visible dans la tranchée du RAVeL, située immédiatement au sud de l'ancienne halte de Royseux.

La Formation de Pont d'Arcole

La Formation de Pont d'Arcole est principalement constituée de shales verdâtres à noirs qui deviennent progressivement carbonatés (minces bancs de calcaire crinoïdique) dans sa partie sommitale. Généralement préservée sous la forme de moules internes, la macrofaune typique qui y est observée, comprend essentiellement des brachiopodes, des bryozoaires, des crinoïdes et des coraux. L'épaisseur de ces dépôts atteint 10 m sur le bord septentrional du Synclinorium de Dinant ; elle augmente ensuite dans le sud et l'ouest du bassin pour atteindre une quinzaine de mètres.



Ces dépôts sont d'âge tournaisien inférieur (Hastarien). Au sud de la halte de Royseux, la tranchée du RAVel offre des affleurements intéressants.

La Formation de Landelies

La Formation de Landelies est constituée de bancs pluridécimétriques de calcaire crinoïdique au sein desquels s'intercalent de rares interlits de calcshale. Les joints de stratification sont généralement ondulants. Les calcaires recèlent une macrofaune abondante comprenant notamment des grands rugueux solitaires (coraux) et des brachiopodes qui permettent leur identification aisée sur le terrain et leur distinction avec ceux de la Formation de l'Ourthe dans lequel les rugueux sont absents. L'épaisseur de ces dépôts varie entre une trentaine et une quarantaine de mètres et ils sont d'âge tournaisien inférieur (Hastarien) (Poty *et al.*, 2002) (fig. 9). La tranchée du RAVel située au sud de l'ancienne gare de Royseux expose l'entièreté de la formation.

La Formation d'Yvoir

La Formation d'Yvoir se compose de calcaires foncés avec des niveaux coquillers et crinoïdiques. Elle recèle de nombreux cherts noirs sur toute son épaisseur, ce qui la distingue aisément des formations encaissantes (fig. 10). Son épaisseur est de l'ordre de 50 m environ. Ces calcaires à cherts sont d'âge tournaisien inférieur à supérieur (Hastarien-Ivorien) (Devuyt *et al.*, 2005). La tranchée du RAVel située au sud de l'ancienne halte de Royseux offre une belle coupe à travers ces dépôts.



Fig. 10 – Calcaire à cherts noirs de la Formation d'Yvoir.

La Formation de l'Ourthe

La Formation de l'Ourthe, qui doit son nom aux carrières situées à proximité de la vallée du même nom, est constituée de bancs pluridécimétriques à plurimétriques de calcaire crinoïdique gris bleu à gris foncé, dépourvu de cherts. Ces calcaires crinoïdiques, qui ont une épaisseur de 20 à 25 m, sont d'âge Tournaisien supérieur (Ivorien). Ces calcaires ont été activement exploités en de nombreux endroits sous l'appellation de « Petit granit » (voir Goemaere *et al.*, ce volume) et offrent de ce fait de nombreux affleurements.

La Formation de Martinrive

Cette unité lithostratigraphique est constituée de calcaires noirs, fins à finement grenus qui contiennent des crachées crinoïdiques et des lits de cherts blonds. Les calcaires de la

base de la formation recèlent de nombreux nodules de calcite blanche (pseudomorphes d'anhydrite). La partie sommitale est plus massive et se compose de calcaires fins à grenus, fréquemment dolomitisés. La Formation de Martinrive affleure couramment sous la forme d'une dolomie pulvérulente à cherts. Son épaisseur est de l'ordre de 25 à 30 mètres et elle est d'âge tournaisien supérieur (Ivorien) à viséen inférieur (Moliniacien).

La Formation de Longpré

A proximité de la localité de Longpré, sur la commune de Wanze, cette formation comprend :

- à sa base, le Membre de Flémalle : fréquemment dolomitisé, il se caractérise par des bancs massifs (pluridécimétriques à métriques) de calcaire crinoïdique, gris foncé à noir ;
- à son sommet, le Membre des Avins : calcaires gris clair et oolitiques disposés en bancs épais à massifs (Poty *et al.*, 2002).

L'épaisseur de cette formation d'âge tournaisien terminal (Ivorien) est de l'ordre de 70 à 100 m. Les calcaires crinoïdiques non dolomitisés du Membre de Flémalle ont ponctuellement été exploités au nord d'Abée, vraisemblablement pour la production de moellons (sous l'appellation « Petit granit »).

De beaux affleurements sont visibles dans la vallée du Hoyoux, au sud de Royseux (fig. 11), ainsi qu'au nord du village d'Abée, dans le triangle dessiné par les ruisseaux d'Abée et de Tillesse.



Fig. 11 – Les « dolomies de Royseux » (Formation de Longpré), le long du RAVel, à l'amont de l'ancienne gare de Royseux (photo : L. Remacle).

Le Viséen

La Formation de Terwagne

Sur la commune de Clavier, la Formation de Terwagne débute par une dolomie bréchoïde (Brèche de Royseux) qui repose directement sur les calcaires oolitiques du Membre des Avins. Cette dernière est surmontée par des calcaires crinoïdiques finement grenus et des calcaires fins gris foncé à noirs, parfois beiges, contenant des oïdes ainsi que divers intraclastes et bioclastes. Des structures cryptalgaires sont également présentes. Ces calcaires sont disposés en bancs décimétriques à pluridécimétriques qui forment des séquences d'épaisseur métrique à plurimétrique. Les calcaires grenus et clairs du sommet de la formation peuvent être confondus avec ceux de la Formation de Neffe.

L'épaisseur de ces dépôts d'âge viséen inférieur (Moliniacien) est de l'ordre de 100 m. La formation est bien exposée dans la vallée du Hoyoux, dans le vallon de Facqueval et à l'est de la localité de Terwagne. En dehors des versants de vallées ou des tranchées du RAVeL dans lesquels les affleurements sont nombreux, ce sont les phénomènes karstiques (dolines) qui permettent souvent de suivre cette formation sur les plateaux.

La Formation de Neffe

La Formation de Neffe, décrite dans la vallée de la Meuse, à proximité de Dinant, est essentiellement constituée de bancs massifs (métriques à plurimétriques) de calcaire grenu, gris clair à gris moyen, crinoïdique à oolitique. Dans sa partie supérieure, les calcaires sont plus fins et peuvent localement contenir des stromatolites (calcaires laminaires bioconstruits par des cyanobactéries) et des oncoïdes (calcaires nodulaires bioconstruits). Par endroits, la formation est dolomitisée, plus particulièrement dans sa moitié inférieure. La macrofaune comprend des brachiopodes, des crinoïdes et des rugueux.

L'épaisseur est de l'ordre de 40 m dans la vallée du Hoyoux. Ces dépôts sont d'âge viséen inférieur (Moliniacien supérieur) (Poty *et al.*, 2002). Contrairement à d'autres régions de Wallonie, les calcaires purs de la Formation de Neffe, recherchés par les chauxfourniers, ont été très peu exploités dans le bassin du Hoyoux. Un versant escarpé du cours d'eau, situé immédiatement à l'ouest du château de Facqueval, expose les limites inférieure et supérieure de la Formation de Neffe.

La Formation de Lives

La Formation de Lives débute par un marqueur argileux ocre (ancienne couche de cendres volcaniques) d'épaisseur variable, pluricentimétrique à pluridécimétrique, connu dans la littérature sous le nom de « Banc d'Or de Bachant ». Il est suivi par un ensemble de bancs décimétriques à pluridécimétriques de calcaires fins et grenus, gris foncé à noirs, subdivisé en trois membres (de bas en haut) :

- Membre de Haut-le-Wastia : calcaires gris stratifiés et à caractère séquentiel où prédominent les horizons stromatolithiques ainsi que les niveaux fins ;
- Membre de Corphalie : la partie inférieure comprend des bancs épais de calcaire bioclastique de teinte noire ; la partie supérieure comprend des bancs minces (plaquettes) de calcaire fin noir ainsi qu'un marqueur argileux ;

- Membre des Awirs : composé de calcaire bioclastique gris foncé.

L'épaisseur de ces calcaires est de l'ordre de 80 m et leur âge est Viséen moyen (Livien inférieur) (Poty *et al.*, 2002). Ces calcaires ont été utilisés comme pierre de taille (« calcaire de Meuse ») et granulat. De beaux affleurements sont visibles de part et d'autre de la vallée du Hoyoux (fig. 12), à hauteur du château de Facqueval, ainsi que dans le versant nord du Mont Falise à Huy (affleurements naturels et carrières abandonnées).



Fig. 12 – Exemple de calcaire de la Formation de Lives, sur la rive gauche du Hoyoux, en face du château de Facqueval.

La Formation des Grands Malades

La Formation des Grands Malades comprend trois membres, dans l'ordre chronologique :

- le Membre de Seilles : calcaires clairs en bancs épais d'aspect massif, dominés par des calcaires bioclastiques à oolitiques qui sont coiffés par des calcaires algaires à fins. En raison de sa haute teneur en CaCO_3 , de l'ordre de 98,5 %, le Membre de Seilles fut exploité pour la production de chaux ;
- le Membre de Maizeret : bancs épais de calcaire gris clair et fin (algaire), de dolomie et de brèche ; les niveaux bréchiques peuvent prédominer ;
- le Membre du Bay-Bonnet : bancs pluridécimétriques de calcaire gris et stromatolithique, avec de nombreux horizons à gastéropodes vermétidés.

L'épaisseur de ces dépôts d'âge viséen moyen (Livien terminal) est comprise entre 40 et 60 m.

Le Groupe du Hoyoux

Le Groupe du Hoyoux, ainsi dénommé en référence à la vallée du Hoyoux où sont situées les coupes de référence (Royseux et Modave) rassemble les formations calcaires de la Bonne et d'Anhée. Distinctes sur de bons affleurements pour l'œil averti, elles sont cependant suffisamment proches du point de vue lithologique pour être cartographiées en un seul groupe (fig. 13).

La Formation de la Bonne

La formation débute par le Membre de Thon-Samson qui est majoritairement constitué de calcaires massifs, généralement crinoïdiques et de teinte claire à foncée. La macrofaune inclut des brachiopodes et des coraux. Le Membre de Poilvache qui lui fait suite est composé de calcaires stratifiés, clairs à foncés où dominent les calcaires fins (*mudstones*) et à stromatolites.

L'épaisseur de ces calcaires d'âge viséen supérieur (Warnantien inférieur) est de l'ordre de 80 m environ. De beaux affleurements sont visibles dans les versants escarpés de la vallée du Hoyoux, à hauteur de Chabôfosse ainsi que le long de la N641.



Fig. 13 – Calcaires du Groupe du Hoyoux. Ils sont intensément plissés à Chabôfosse, à proximité de la Faille de Goesnes.

La Formation d'Anhée

La Formation d'Anhée comprend un membre inférieur et un membre supérieur (Poty *et al.*, 2002). Le premier membre revêt un caractère séquentiel et débute par des calcaires gris foncé, en bancs décimétriques à pluridécimétriques, finement grenus à grossiers. Localement, des biostromes à coraux et à brachiopodes (gigantoproductidés) se sont développés (faciès de Chabôfosse). Des lits charbonneux sont développés au sein de ce dernier. Le second membre comprend des phtanites noirs intercalés dans des shales.

L'épaisseur de ces calcaires atteint 30 m pour le membre inférieur et au moins 15 à 20 m pour le membre supérieur. L'ensemble est d'âge viséen supérieur (Warnantien moyen et supérieur) (Poty *et al.*, 2002). De beaux affleurements sont visibles au débouché du ravin de Chabôfosse, ainsi que le long de la route N641 à hauteur du lieu-dit éponyme.

Exploitation du Houiller

Le charbon a été extrait dès le début du XIX^e siècle, jusqu'en 1959. Des mines souterraines de 20 à 60 mètres de profondeur permettaient l'exploitation de quelques veines dans trois concessions (Clavier, Bois-Borsu et Odet). De nombreux bures jalonnaient la crête sur laquelle étaient établies ces localités (crête qui n'est rien d'autre qu'un synclinal perché), et de nombreuses petites galeries d'exhaure ont été percées pour assécher les travaux miniers (voir Goemaere *et al.*, ce volume).

Les dépôts post-paléozoïques carbonatés ou en relation avec la présence de carbonates

Les silex résiduels

Un conglomérat à silex a été observé à 1 km au SSE de Soheit-Tinlot ; il a été attribué au Maastrichtien et représente le résidu d'altération des craies du Crétacé. Certains silex atteignent un diamètre de près de 20 cm. Des dépôts similaires ont également été repérés au sud d'Outrelouxhe. Par analogie avec ce qui a été observé dans les Hautes-Fagnes, ces silex résiduels résulteraient de l'altération de dépôts d'âge maastrichtien, proches de ceux des formations de Gulpen et de Maastricht.

Les dépôts sablo-argileux (SBL)

Il s'agit de dépôts piégés dans des cavités karstiques développées au sein des calcaires dévoniens et dinantiens ou quelquefois au contact entre des lithologies carbonatées et gréseuses. Ils sont principalement constitués de sables de teinte jaune à blanche avec parfois des intercalations d'argile et de gravier quartzeux, voire de galets roulés de silex (voir Goemaere *et al.*, ce volume).

Les alluvions anciennes

Les alluvions anciennes comprennent des cailloux roulés d'origines diverses et de diamètre variable : quartz blanc, quartzite noir des massifs cambriens, grès et poudingue dévoniens, cherts dinantiens et silex crétacés ; elles concernent aussi les tufs calcaires qui seront évoqués plus loin. Ils sont généralement observés au droit des terrasses qui témoignent de la reprise d'érosion après une période de remblaiement correspondant à un profil d'équilibre.

Les alluvions modernes

Les alluvions modernes, qui affleurent rarement à l'exception des berges des cours d'eau, sont constituées de sables divers propres ou à charge argileuse ou limoneuse, fins à grossiers, de silts et de cailloux roulés de diamètres variables. Le tracé des contours de ces dépôts s'appuie sur la morphologie des fonds de vallée.

Le tuf calcaire

Présent tant dans les dépôts anciens que récents, ce tuf calcaire est un calcaire d'origine continentale d'aspect concrétionné, vacuolaire et donc de faible densité apparente, grossièrement lité et de teinte brun ocre à gris clair. Secs, ces tufs calcaires

sont parfois blancs. Sa formation est intimement liée à des eaux sursaturées en ions Ca^{2+} et HCO_3^- conjuguées à une baisse de la pression partielle en gaz carbonique dissout dans l'eau ou à une hausse de la température ambiante, facteurs auxquels s'ajoutent l'oxygénation et la turbulence des eaux ainsi que l'action des algues et des bryophytes. L'origine du calcium est liée aux sources issues des bandes calcaires recoupées par le Hoyoux. Les cours du Hoyoux et du ruisseau de Triffooy sont jalonnés de barrages de tuf calcaire (communément appelé travertin du Hoyoux) dont l'édification se poursuit encore de nos jours.

A proximité de Régissa, un important dépôt de ce tuf calcaire, qui a été exploité jadis, a édifié une terrasse longue de 1,2 km et épaisse de près de 11 m ; sa largeur n'excède pas 100 m et le Hoyoux y a creusé une gorge étroite de 6,50 m de profondeur. Certains auteurs ont proposé une origine lacustre pour ce dépôt. Les poudingues de la Formation de Burnot, par leur résistance à l'érosion, auraient constitué un barrage en avant du Hoyoux et dans le lac formé à l'amont, la précipitation du calcaire aurait amené le dépôt de travertin et la surélévation du lit de la rivière. Par la suite, le cours d'eau aurait détruit le barrage et recreusé son lit dans les couches de travertin. Pour d'autres, ce dépôt résulterait plutôt de l'agitation et de l'aération de l'eau tombant du barrage rocheux ayant dû, autrefois, fournir la tête d'amont de cette ancienne expansion lacustre. Des empreintes végétales, des coquilles de mollusques, ainsi que des os de cerfs et de castors ont été recueillis au sein de ces dépôts carbonatés (fig. 14).



Fig. 14 – Le tuf calcaire (aussi appelé travertin) du Hoyoux. Photo du haut : affleurement « fossile » perché à une dizaine de mètres au-dessus du cours actuel du Hoyoux ; du bas : barrages de tuf calcaire en formation dans le lit du Hoyoux, au Moulin de Barse.

Géologie et phénomènes karstiques

Sur tout le territoire condrusien drainé par le Hoyoux, ainsi que sur la mince bande des calcaires dévoniens que la rivière recoupe à Barse, une activité karstique importante, ancienne et actuelle, est concentrée dans les synclinaux occupés par les calcaires et dolomies dinantiens (fig. 15a). Elle se traduit par des dolines libres ou comblées de sables et argiles marins d'âge tertiaire, des effondrements, des pertes, des sources, des grottes et abris sous roche. Parmi ces cavités, le « Trou Al'Wesse », qui s'ouvre sur le versant droit de la vallée du Hoyoux à Petit-Modave, a fait l'objet de nombreuses fouilles archéologiques depuis les années 1870. Des occupations archéologiques du Moustérien (Paléolithique moyen), de l'Aurignacien (Paléolithique supérieur ancien) et du Mésolithique ainsi qu'une sépulture du Néolithique ont été découvertes dans une importante séquence, qui couvre une grande partie de la dernière glaciation et l'Holocène. Situées en amont du lieu précédent, les « grottes des Avins », ensemble de trois grottes sépulcrales sur le flanc droit de la vallée du Hoyoux, près du village des Avins, ont été découvertes il y a une vingtaine d'années par le groupe d'amateurs local *Archeologia Condrustris*. Elles ont toutes trois livré des restes de sépultures collectives, ainsi que de la céramique de diverses époques, dans des contextes stratigraphiques perturbés. Le lecteur trouvera plus d'informations dans l'article rédigé par Di Modica *et al.* (ce volume).

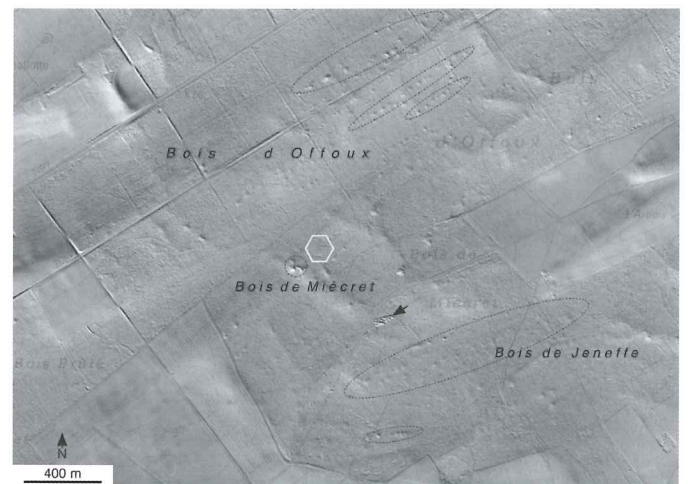


Fig. 15a – Modèle numérique de terrain (LIDAR SPW) : crête de partage des bassins du Bocq et du Hoyoux. Hexagone blanc : « polissoir » néolithique de Miécrot ; tirets noirs : dolines plurimétriques à pluridécamétriques, à la base du Tournaisien ; flèche noire : ancienne excavation (Petit granit ?).

Les pertes et les résurgences occupent le plus souvent les interfaces entre substratum carbonaté et gréseux. Les effondrements affectent particulièrement le niveau dolomitique de la Formation de Longpré et les niveaux bréchiques (effondrement près du terrain de football de Modave, le long de la grand'route reliant Huy à Clavier). De nombreuses dépressions ont aussi été observées au contact avec les dépôts namuriens (Groupe Houiller), autour du synclinal perché de Bois-Borsu – Clavier (fig. 15b).

Depuis le début de l'année 2015, les modèles numériques de terrain réalisés à l'aide du LIDAR (réflectométrie-topographie par laser aéroporté) détectant des différences de relief de l'ordre de 5 à 10 cm et s'affranchissant du couvert végétal, cultures et forêts) disponibles à tout citoyen sur le site « Walonmap »

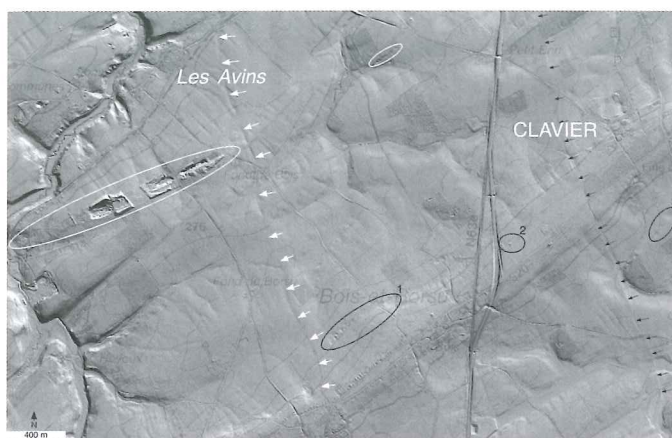


Fig. 15b – Modèle numérique de terrain (LIDAR SPW). Ovals blancs : alignement de carrières de Petit granit (Les Avins); Ovals noirs : 1, dépressions karstiques à l'interface entre les calcaires carbonifères et le Houiller; 2, bures d'exploitation des veines de charbon (synclinal perché d'Odet – Bois-Borsu – Clavier); 3, dolines. flèches blanches : voie romaine; flèches noires: autre chemin « oublié ».

du SPW, permettent notamment d'effectuer une cartographie très précise de toutes les formes de reliefs comprenant notamment les dépressions et, en particulier, les dépressions d'origine karstique (exemples avec les figs. 15a et 15b). Ce nouvel outil se révèle très précieux pour la cartographie géologique car les faibles reliefs mis en évidence sont liés aux résistances mécaniques des roches. Celles-ci sont variables entre formations géologiques, voire au sein d'une même formation. La vue d'ensemble fournie par le caractère aéroporté de la technique

permet de visualiser de nombreuses structures géologiques, qu'il est impossible d'appréhender au niveau du sol. Pour certaines formations aux lithologies très contrastées, qui associent par exemple des calcaires, des calcaires argileux et des schistes, la précision est de l'ordre de 1 à 2 décimètres. Du point de vue géomorphologique, l'organisation du réseau hydrographique est particulièrement bien mise en évidence.

Conclusion

A l'amont de Barse, où elle est interrompue par les anticlinaux à cœur famennien supérieur, la succession des synclinaux occupés par les calcaires dinantiens constitue un vaste réservoir aquifère dont le drainage par le Hoyoux et ses affluents induit le développement de nombreux phénomènes karstiques. Ceux-ci sont notamment développés à l'interface avec les dépôts houillers dont les eaux sont particulièrement agressives vis-à-vis des calcaires. A l'aval de Barse, la dépression médio-dévonienne correspond au passage de la bande des calcaires givetiens et frasniens. Elle représente l'équivalent réduit de la Calestienne, sur le bord nord du Synclinorium de Dinant et possède un réseau karstique développé, parfois colmaté, dont le développement dépasse les limites du bassin du Hoyoux.

Depuis 2015, le site WalOnMap du SPW, via le modèle numérique de terrain ultra-précis « MNT 2013-2014 Hillshade » obtenu après le passage du LIDAR, offre un outil de cartographie remarquable et indispensable à la cartographie géologique en général, et au recensement des phénomènes karstiques en particulier.

Bibliographie

- BARCHY, L. & MARION, J.M., 2008. Carte géologique de Wallonie à 1:25 000. Maffe-Grandhan n°54/3-4 et sa notice explicative. *Ministère de la Région Wallonne, Namur*, 64p.
- BARCHY, L. & MARION, J.M., sous presse a et b. Carte géologique de Wallonie à 1:25000. a: Modave-Clavier n°48/7-8 (+ notice explicative) et b: Natoye-Ciney n°54/1-2 (+ notice explicative). *SPW Editions, DGARNE, Namur*.
- BELANGER, I., DELABY, S., DELCAMBRE, B., GHYSEL, P., HENNEBERT, M., LALOUX, M., MARION, J.M., MOTTEQUIN & PINGOT, J.L., 2012. Redéfinition des unités structurales du front varisque utilisées dans le cadre de la nouvelle Carte géologique de Wallonie (Belgique). *Geologica Belgica*, 15 :169-175.
- COEN-AUBERT, M., 1973. Le Givétien et le Frasniens de la vallée du Hoyoux. Service géologique de Belgique, *Professional Paper*, 1973/6, 1-12.
- DELCAMBRE, B. & PINGOT, J.L., sous presse. Carte géologique de Wallonie à 1:25000. Andenne-Couthuin n° 48/1-2 (+ notice explicative). *SPW Editions, DGARNE, Namur*.
- DEVUYST, F.X., HANCE, L. & POTY, E., 2005. The Dinantian of Southern Belgium revisited: sedimentary history and biostratigraphy. A guidebook of key sections. *SCCS Field Trip (Emended version of the guide book)*, 24-28/05/2005, 74p.
- DEWALQUE, G., FORIR, H., LOHEST, MALAISE, M.C., de la VALLEE POUSSIN, Ch. & RENARD, A., 1898. Carte géologique de la Belgique à 1:40.000. Huy-Nandrin n°146. *Commission géologique de la Belgique, Institut cartographique militaire*.
- HANCE, L., POTY, E. & DEVUYST, F.X., 2001. Stratigraphie séquentielle du Dinantien type (Belgique) et corrélation avec le Nord de la France (Boulonnais, Avesnois). *Bulletin de la Société géologique de France*, 172 : 411-426.
- MOTTEQUIN, B. & MARION, J.M., sous presse. Carte géologique de Wallonie à 1:25 000. Huy-Nandrin n°48/3-4 (+ notice explicative). *SPW Editions, DGARNE, Namur*.
- MOTTEQUIN, B., MARION, J.M. & GOEMAERE, E., 2014. Livret-guide de l'excursion géologique dans la vallée du Hoyoux pour les membres de la Société géologique du Nord (France). *Université de Liège (Dépt. de Géologie) et Institut royal des Sciences naturelles (Museum & SGB)*, 22p. (<http://hdl.handle.net/2268/111946>).
- POTY, E., HANCE, L., LEES, A. & HENNEBERT, M., 2002. Dinantian lithostratigraphic units (Belgium). *Geologica Belgica*, 4 : 69-94.