

Notice explicative

CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE WALLONIE

Echelle : 1/25 000



Photos couverture © SPW-DGARNE(DGO3)

Fontaine de l'ours à Andenne

Forage exploité

Argillère de Celles à Houyet

Puits et sonde de mesure de niveau piézométrique

Emergence (source)

Essai de traçage au Chantoir de Rostenne à Dinant

Galerie de Hesbaye

Extrait de la carte hydrogéologique de Villers-devant-Orval



VILLERS-DEVANT-ORVAL

70/3-4

Mohamed **BOUEZMARNI**, Vincent **DEBBAUT**

Université de Liège - campus d'Arlon
Avenue de Longwy, 185 - B-6700 Arlon (Belgique)



NOTICE EXPLICATIVE

2013

Première version : Janvier 2004
Actualisation partielle : Janvier 2013

Dépôt légal – **D/2013/12.796/1** - ISBN : **978-2-8056- 0123-1**

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

**DIRECTION GENERALE OPERATIONNELLE DE L'AGRICULTURE,
DES RESSOURCES NATURELLES
ET DE L'ENVIRONNEMENT
(D GARNE-DGO3)**

AVENUE PRINCE DE LIEGE, 15
B-5100 NAMUR (JAMBES) - BELGIQUE

Table des matières

AVANT-PROPOS.....	7
I. INTRODUCTION	10
II. CADRE GEOGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE	12
II.1. SOUS-BASSIN VERSANT DU COURWEZ OU DE LA SOYE	13
II.2. SOUS-BASSIN VERSANT DE LA MOULINE.....	14
III. CADRE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL.....	15
III.1. CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL.....	15
III.2. GEOLOGIE DE LA PLANCHE DE VILLERS-DEVANT-ORVAL.....	17
III.2.1. Formation de Miwart (MIR).....	20
III.2.2. Formation d’Habay (HAB)	20
III.2.3. Formation d’Attert (ATT).....	20
III.2.4. Formation de Mortinsart (MOR)	20
III.2.5. Formation de Jamoigne (JAM).....	21
III.2.6. Formation de Luxembourg (LUX).....	21
III.2.7. Formation d’Arlon (ARL).....	22
III.2.8. Alluvions modernes (AMO)	22
III.3. CADRE STRUCTURAL.....	22
IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE.....	23
IV.1. HYDROGEOLOGIE REGIONALE	23
IV.2. HYDROGEOLOGIE LOCALE	26
IV.2.1. Description des principaux aquifères.....	26
IV.2.1.1. Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	26
IV.2.1.2. Aquiclude à niveaux aquifères d’Habay	26
IV.2.1.3. Aquifère de Mortinsart.....	28
IV.2.1.4. Aquifère de la Chevratte :	28
IV.2.1.5. Aquifère de Florenville	28
IV.2.1.6. Aquifère d’Orval	29
IV.2.1.7. Aquifère de Virton	29
IV.2.1.8. Aquiclude d’Arlon	29
IV.2.1.9. Aquifère alluvial.....	29
IV.2.2. Ressources en eau souterraine de la Formation de Luxembourg.....	30
IV.2.2.1. Sous-bassin de la Mouline	30
IV.2.2.1.1 Cadre hydrogéologique.....	30
IV.2.2.1.2 Station de mesure.....	30
IV.2.2.1.3 Coefficient de tarissement	30
IV.2.2.1.4 Volume des réserves	31
IV.2.2.1.5 Conclusions	31
IV.2.2.2. Sous-bassin de la Soye ou du Courwez	31
IV.2.2.2.1 Cadre hydrogéologique.....	31
IV.2.2.2.2 Station de mesure.....	31
IV.2.2.2.3 Coefficient de tarissement	31
IV.2.2.2.4 Volume des réserves	32
IV.2.2.2.5 Conclusions	32
IV.2.2.3. Conclusions pour le sous-bassin de la Marche	32
IV.2.3. Phénomènes karstiques	32
IV.2.4. Piézométrie	33
IV.2.5. Coupe hydrogéologique.....	34

V. HYDROCHIMIE	36
V.1. CARACTERISATION HYDROCHIMIQUE DES EAUX	36
V.1.1. Caractérisation hydrochimique des eaux de la nappe d'Habay et de Mortinsart	36
V.1.2. Caractérisation hydrochimique des eaux des nappes de Florenville et d'Orval.....	37
VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES	40
VII. CARACTERISATION DE LA COUVERTURE ET PARAMETRES HYDRAULIQUES DES NAPPES	42
VII.1. CARACTERISATION DE LA COUVERTURE DE LA NAPPE DE FLORENVILLE.....	42
VII.2. PARAMETRES D'ECOULEMENT ET DE TRANSPORT DANS LES AQUIFERES	42
VIII. ZONES DE PROTECTION	43
VIII.1. CADRE LEGAL.....	43
VIII.2. MESURES DE PROTECTION.....	44
VIII.3. ZONES DE PREVENTION REPRISES SUR LA CARTE	45
IX. METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE	46
IX.1. COLLECTE DE DONNEES	47
IX.1.1. Données géologiques	47
IX.1.2. Données hydrogéologiques	48
IX.1.2.1. Localisation des ouvrages et sources	48
IX.1.2.2. Données piézométriques	48
IX.1.3. Données hydrochimiques	48
IX.2. <i>CAMPAGNE SUR LE TERRAIN</i>	49
IX.3. <i>METHODOLOGIE DE CONSTRUCTION DE LA CARTE</i>	49
IX.3.1. Encodage dans une banque de données	49
IX.3.2. Construction de la carte hydrogéologique	50
X. BIBLIOGRAPHIE	53
X.1. GLOSSAIRE DES ABREVIATIONS	55
X.2. LISTE DES FIGURES.....	56
X.3. LISTE DES TABLEAUX.....	56
X.4. COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE	57

Avant-propos

La carte hydrogéologique Villers-devant-Orval s'inscrit dans le projet cartographique "Eaux souterraines" commandé et financé par le Service Public de Wallonie (S.P.W) : Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3). Quatre équipes universitaires collaborent à ce projet : l'Université de Namur, l'Université de Mons (Faculté Polytechnique) et l'Université de Liège (ArGEnCO-GEO³-Hydrogéologie & Sciences et Gestion de l'Environnement, ULg-Campus d'Arlon).

Le projet a été supervisé au sein du Département des Sciences et Gestion de l'Environnement par V. Debbaut et la carte a été réalisée en 2004 et révisée en 2013 par M. Bouezmarni. La conception de la *BDHYDRO* (base de données hydrogéologiques de Wallonie) connaît une perpétuelle amélioration pour aboutir à une seule base de données centralisée régulièrement mise à jour (Gogu, 2000 ; Gogu *et al.*, 2001 ; Wojda *et al.*, 2005).

La carte hydrogéologique est basée sur un maximum de données géologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques disponibles auprès de divers organismes. Elle a pour objectif d'informer sur l'extension, la géométrie et les caractéristiques hydrogéologiques, hydrodynamiques et hydrochimiques des nappes aquifères, toutes les personnes, sociétés ou institutions concernées par la gestion tant quantitative que qualitative des ressources en eaux souterraines.

Toute superposition outrancière d'informations conduisant à réduire la lisibilité de la carte a été évitée. Dans ce but, outre la carte principale, trois cartes thématiques, une coupe hydrogéologique et un tableau lithostratigraphique sont présentés.

Une mise à jour a été effectuée en 2013. Elle porte sur une actualisation partielle des données et notamment sur l'inventaire des ouvrages existants, les volumes d'eau prélevés et la chimie.

La carte hydrogéologique de Villers-devant-Orval est éditée et diffusée gratuitement sur Internet par le SPW : en version papier (fichiers PDF) téléchargeable, mais aussi sous forme interactive via une application WebGIS qui se trouve sur le site Internet de la carte hydrogéologique de Wallonie (<http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartehydrogeo>).

L'ensemble des données utilisées pour la réalisation de la carte a été remis au Service Public de Wallonie. Pour de plus amples informations, il faut s'adresser à la Direction

Générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3) du Service Public de Wallonie (SPW)¹, ou sur le site Internet mentionné.

¹ Ministère de la Région wallonne. Service Public de Wallonie DGO3. Avenue Prince de Liège, 15 – PROMIBRA II. 5100 NAMUR.

Remerciements

Merci à Madame Isabelle Belanger et à Monsieur Pierre Ghysel du S.G.B, pour la mise à disposition de la carte géologique et pour leurs conseils.

Merci à Monsieur Roby Colbach du Service géologique du Luxembourg (Grand-Duché de Luxembourg) pour la lecture de ce livret et de la carte correspondante et pour ses remarques et ses suggestions.

Merci à tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé à la réalisation de cette carte.

I. INTRODUCTION

La planche Villers-devant-Orval 70/3-4 couvre une zone frontalière avec la France, située à l'ouest de la Lorraine belge, en province de Luxembourg, au sud de la Belgique (Figure I-1). Les cartes hydrogéologiques adjacentes sont Florenville – Izel (67/7-8) au nord (Bouezmarni et *al.*, 2007) et Meix-devant-Virton – Virton (71/1-2) à l'est (Bouezmarni et *al.*, 2009).

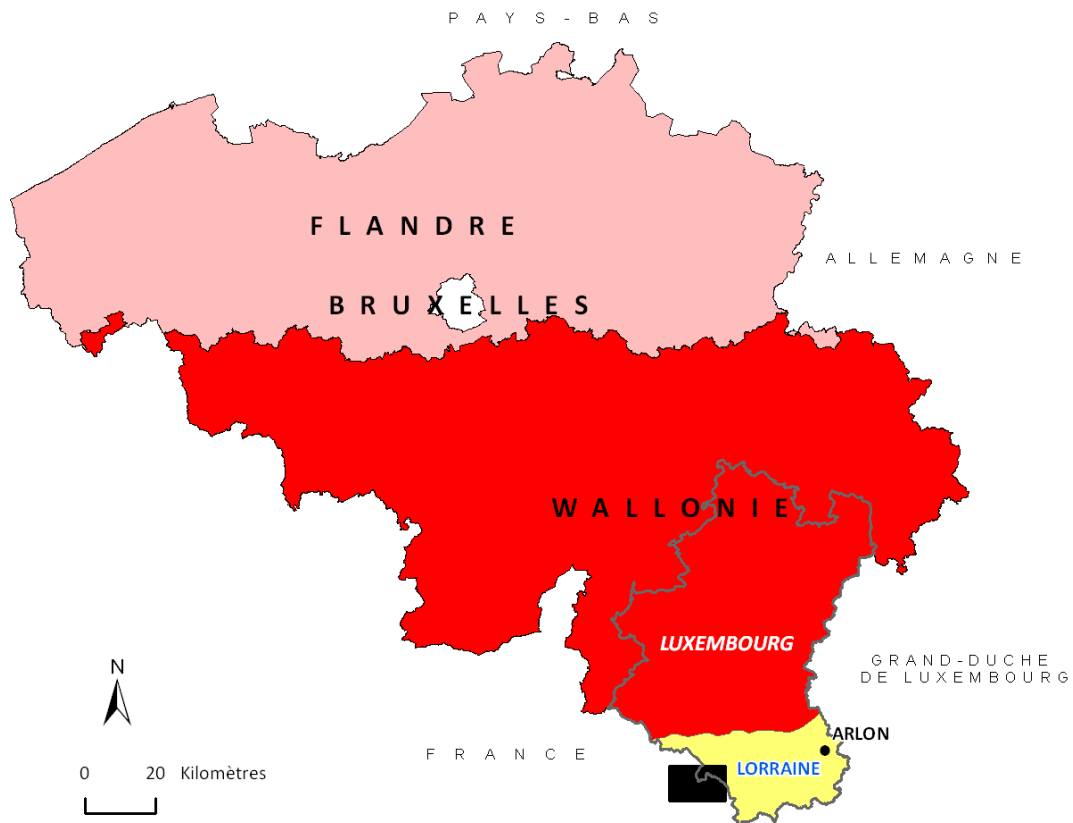


Figure I-1 . Localisation de la carte de Villers-devant-Orval 70/3-4

Le substratum géologique est constitué d'une alternance de couches dures telles que les grès à ciment calcaire (Formation de Luxembourg), et tendres telles que les marnes et les argiles (Formation d'Arlon). Les couches géologiques sont légèrement inclinées vers le SSO.

Les principaux aquifères sur la carte sont formés par :

- les grès et sables, conglomérats et dolomies de la Formation de Habay (Keuper) qui n'affleurent pas sur la planche mais il existe des ouvrages qui les atteignent. L'aquifère est captif ;
- les grès et sables de la Formation de Mortinsart (Rhétien) qui n'affleurent pas sur la planche mais il existe des ouvrages qui les atteignent. L'aquifère ne dépasse pas quelques mètres d'épaisseur. Il est captif ;

- les faciès sableux et grésocalcaires sinémuriens de la Formation de Luxembourg (Jurassique). Celle-ci est scindée en plusieurs niveaux aquifères (Figure III-2) correspondants au Membre de la Chevratte, de Florenville, d'Orval et de Virton. Ces différents aquifères sont séparés respectivement par le Membre du Trite, de Strassen et de Posterie, de la Formation d'Arlon, tous marneux. La nappe la plus importante à l'échelle de la carte, mais aussi à l'échelle de toute la Lorraine belge, est contenue dans le Membre de Florenville. Dans le cas de la Formation de Luxembourg indifférenciée (absence de séparation marneuse) l'aquifère prend le nom du membre avec lequel il forme un équilibre piézométrique et une continuité géométrique (Figure III-3). De manière générale, quand les passages marneux de la Formation d'Arlon disparaissent, la Formation de Luxembourg indifférenciée forme une continuité avec le Membre de Florenville.

En général, dans le cas notamment de l'aquifère sinémurien (Formation de Luxembourg), la porosité est de type mixte (sable et grès fracturé) avec éventuellement des écoulements localement très rapides, caractéristiques d'un milieu fissuré accentué.

La notice commence par un bref aperçu géographique, géomorphologique et hydrographique qui sera suivi d'une partie géologique. Celle-ci sera traitée d'abord dans le contexte régional de la Lorraine belge. Ensuite, la description lithologique, la zone d'affleurement et l'épaisseur de chaque unité stratigraphique seront systématiquement présentées dans le cadre de la géologie locale de la carte de Villers-devant-Orval avant d'entamer l'aspect structural.

Comme pour la géologie, l'hydrogéologie sera d'abord présentée à l'échelle régionale avant d'analyser l'hydrogéologie local à l'échelle de la carte. Les unités hydrogéologiques seront définies principalement sur base des descriptions lithologiques de la carte géologique de Florenville – Izel 67/7-8 - Villers-devant-Orval 70/3-4 (Ghysel et Belanger 2006).

D'autres aspects tels que l'exploitation des nappes, les paramètres d'écoulement et l'hydrochimie, seront également présentés dans cette notice explicative.

La notice se clôture par l'exposé de la méthodologie, suivi par l'élaboration du projet ainsi qu'une série d'annexes comprenant un glossaire des abréviations citées dans le texte, une liste de figures, une liste de tableaux, les coordonnées Lambert belge 1972, en mètre, de tous les ouvrages cités dans ce livret.

II. CADRE GÉOGRAPHIQUE, GÉOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE

La carte hydrogéologique de Villers-devant-Orval couvre une zone bordée au sud et à l'ouest par la frontière franco-belge dans l'extrême sud de la Belgique (Figure I-1).

Le paysage est principalement occupé par les forêts d'Orval et de Merlanvaux, dans une région très peu peuplée. Le réseau routier est juxtaposé aux principaux cours d'eau. Les villages de Villers-devant-Orval et de Limes sont liés respectivement à Izel par la N840 et à Florenville par la N88.

La zone couverte par la carte est située sur le revers de la cuesta sinémurienne (Figure II-1) formé d'un plateau de sable boisé exposé vers le sud, entaillé par quelques cours d'eau : les ruisseaux de la Mouline, du Williers, du Courwez et de la Soye (Figure II-2). Tous ces cours d'eau alimentent la Marche dans le bassin de la Chiers.

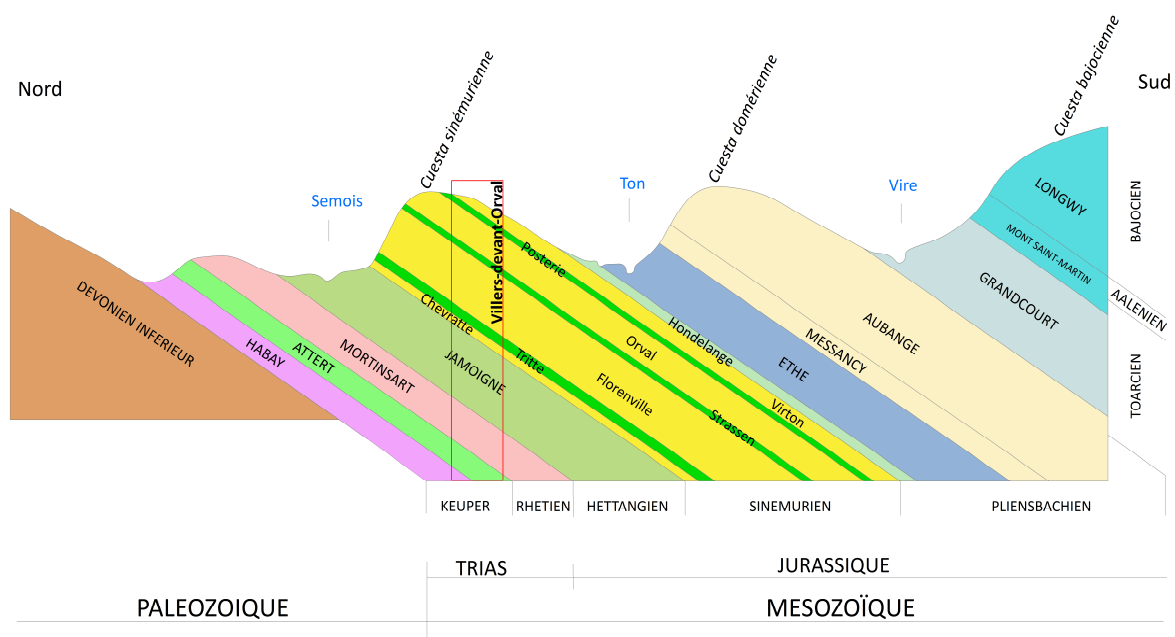


Figure II-1. Schéma du cadre géomorphologique et géologique général de la carte Villers-devant-Orval en Lorraine belge (Modifié d'après Masson *et al.*, 1993)

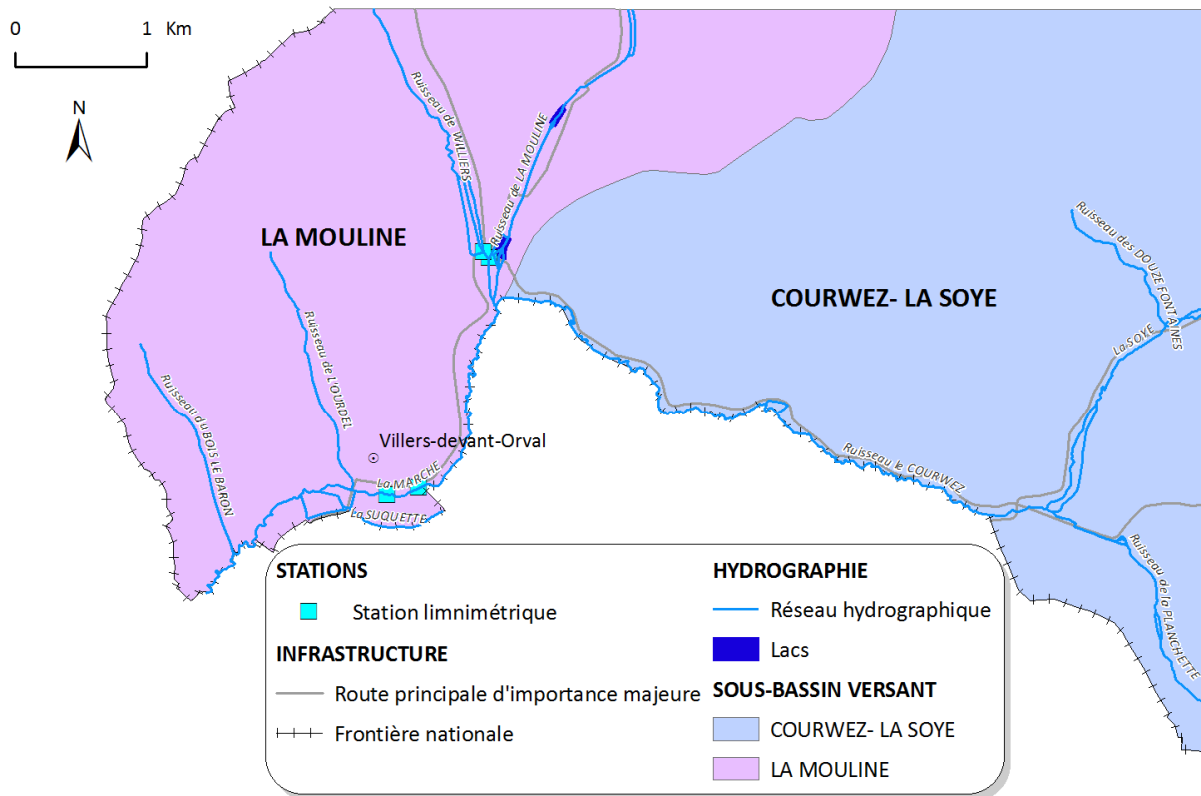


Figure II-2. Carte hydrographique Villers-devant-Orval

Deux stations limnimétriques sont installées sur La Marche au sud du village de Villers-devant-Orval. Deux autres stations ont été installées respectivement sur les ruisseaux de La Mouline et de Williers (Figure II-2). L'une des stations sur la Marche est gérée par le Service des cours d'eau non-navigables du SPW. Les trois autres stations ont été installées et suivies dans le cadre des études hydrogéologiques réalisées durant les années 1980, pour la Région wallonne (Debbaut et Vander Borgh 1988 ; Masson *et al.*, 1993).

Le bassin de La Marche occupe une grande étendue englobant entièrement la zone couverte par la carte Villers-devant-Orval. Celui-ci peut être subdivisé en 2 sous bassins principaux sur la carte : Le Courwez ou de la Soye à l'est et de la Mouline à l'ouest (Figure II-2).

II.1. SOUS-BASSIN VERSANT DU COURWEZ OU DE LA SOYE

Le bassin versant du Courwez ou de la Soye occupe une grande partie de la carte. Le ruisseau de la Soye se prolonge vers le SO par Le Courwez après avoir collecté les eaux en provenance du ruisseau des Douze Fontaines au NO. La Soye coule tout d'abord sur les grès calcaires du Membre de la Chevratte, ensuite sur les marnes du Membre du Trite, et enfin sur les grès calcaires du Membre de Florenville. Sur son passage, le ruisseau draine

principalement la nappe de Florenville. Le Courwez est alimenté par l'aquifère de Florenville et représente le niveau de base de la nappe à cet endroit.

II.2. SOUS-BASSIN VERSANT DE LA MOULINE

Le bassin versant de la Mouline collecte principalement les eaux du ruisseau de la Mouline et du ruisseau de Williers, affluents de la Marche. Après avoir traversé les marnes hettangiennes au N de la planchette, la Mouline poursuit son parcours sur les grès calcaires du Membre de la Chevratte, puis sur les marnes du Membre du Trité, et ensuite sur les grès calcaires du Membre de Florenville. Il en est de même pour le ruisseau de Williers, sauf que celui-ci ne découvre pas les marnes de la Formation de Jamoigne. Les deux ruisseaux sont essentiellement alimentés par l'aquifère de Florenville.

III. CADRE GÉOLOGIQUE ET STRUCTURAL

Le cadre géologique sera illustré dans un premier temps à l'échelle régionale de la Lorraine belge avant d'étudier, plus en détail, la géologie de la zone couverte par la planche de Villers-devant-Orval.

III.1. CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

Le socle paléozoïque, sur lequel reposent les formations sédimentaires de la Lorraine belge, s'est principalement déposé au Dévonien et a été plissé au Carbonifère lors de l'orogénèse varisque. Son émergence est suivie de l'érosion d'une bonne partie du socle dévono-carbonifère et d'une pénéplation.

Les formations mésozoïques de la Lorraine belge, qui occupent approximativement une superficie de 800 km², représentent une petite extension du Bassin de Paris en Belgique appelée Golfe de Luxembourg (Figure III-1). Elles sont déposées en discordance sur le versant sud du massif paléozoïque de l'Ardenne, sous forme de couches monoclinales de direction NO-SE légèrement inclinées vers le sud-ouest (pendage de 1° à 3°). La nature et la géométrie complexe des corps sédimentaires témoignent d'un environnement littoral caractérisé par des sédiments variables avec, toutefois, une prédominance silicatée. L'évolution séquentielle des dépôts est intégrée dans un prisme sédimentaire globalement rétrogradant (Boulvain *et al.*, 2001).

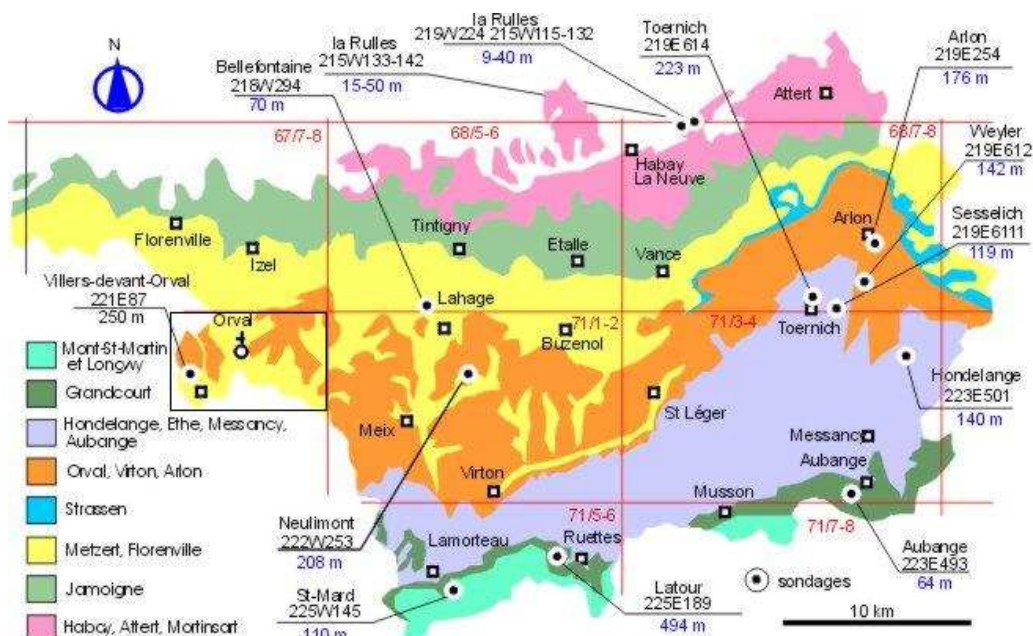


Figure III-1 : Carte géologique simplifiée de la Lorraine belge avec encadrement de la carte Villers-devant-Orval (Boulvain et Pingot, 2012).

Par ailleurs, l'évolution stratigraphique (Figure III-2) montre une superposition de séries sédimentaires de plus en plus marines, déposées par transgressions successives entre le Trias supérieur et le Jurassique moyen. La série lithologique montre qu'il existe une alternance de couches sédimentaires à faciès marneux ou argileux avec des couches à faciès sableux gréseux ou calcaire.

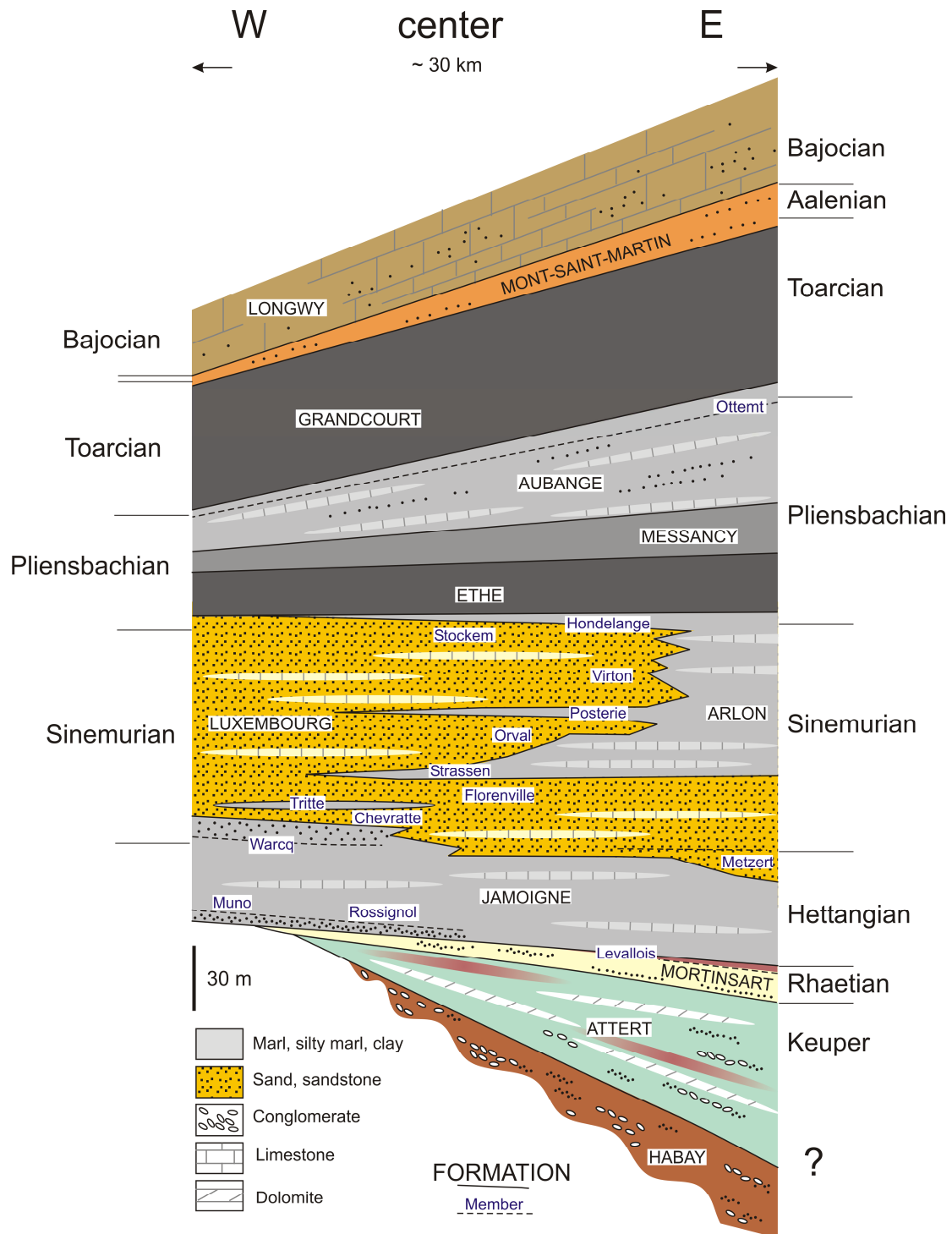


Figure III-2 : Schéma lithostratigraphique général de la Lorraine belge (Boulvain *et al.*, 2000)

La géologie de ces séries est relativement complexe, en particulier en raison de nombreux changements de faciès et de puissance. Ces changements sont liés aux variations de l'intensité de la subsidence, des distances aux rivages, de la distribution et de la nature du matériel détritique, etc. De plus, les transgressions et les régressions ne sont pas régulières et sont soumises à des pulsations plus ou moins importantes.

La lithostratigraphie de la Lorraine belge est subdivisée en plusieurs formations qui sont de la plus ancienne à la plus récente : Habay (HAB), Attert (ATT), Mortinsart (MOR), Jamoigne (JAM), Luxembourg (LUX), Arlon (ARL), Ethe (ETH), Messancy (MES), Aubange (AUB), Grandcourt (GRT), Mont-Saint-Martin (MSN) et Longwy (LGW).

Les formations d'Arlon (ARL) et de Luxembourg (LUX) sont découpées en membres là où des interdigitations entre ces formations ont lieu (Figure III-2). Les membres de la Formation d'Arlon sont : Trite (TRT), Strassen (STR), Posterie (POS) et Hondelange (HON) comprenant la Couche de Robelmont (RBM). Les membres de la Formation de Luxembourg sont : Chevratte (CHT), Florenville (FLO), Orval (ORV) et Virton (VIT).

III.2. GÉOLOGIE DE LA PLANCHE DE VILLERS-DEVANT-ORVAL

Un forage de reconnaissance de 250 m de profondeur, dénommé « Villers-devant-Orval », a été réalisé au nord du village du même nom. Ce sondage recoupe successivement du haut en bas les formations d'Arlon (Membre d'Hondelange), de Luxembourg, de Jamoigne, de Mortinsart, d'Attert, d'Habay et enfin la Formation de Mirwart (Dévonien inférieur) du socle paléozoïque (Figure III-3).

Par ailleurs, seules trois formations jurassiques ont été observées à l'affleurement par Ghysel et Belanger, (2006) sur la carte Villers-devant-Orval dont deux puissantes séries marines : la série marno-calcaire de la Formation de Jamoigne (JAM), d'âge principalement hettangien et la série sablo-gréseuse de la Formation de Luxembourg (LUX), d'âge sinémurien. Celle-ci est recoupée par des intercalations marneuses contemporaines appartenant à la Formation d'Arlon (ARL). En plus des formations mésozoïques, la carte géologique représente des terrains superficiels de nature variée comme les alluvions modernes (AMO).

Les principales formations (Figure III-4) du sous-sol, dont l'intérêt hydrogéologique est développé dans cette notice, seront brièvement décrites en se basant sur Boulvain *et al.*, (1996) et sur Ghysel et Belanger (2006). Pour plus de détails, le lecteur est renvoyé à ces références.

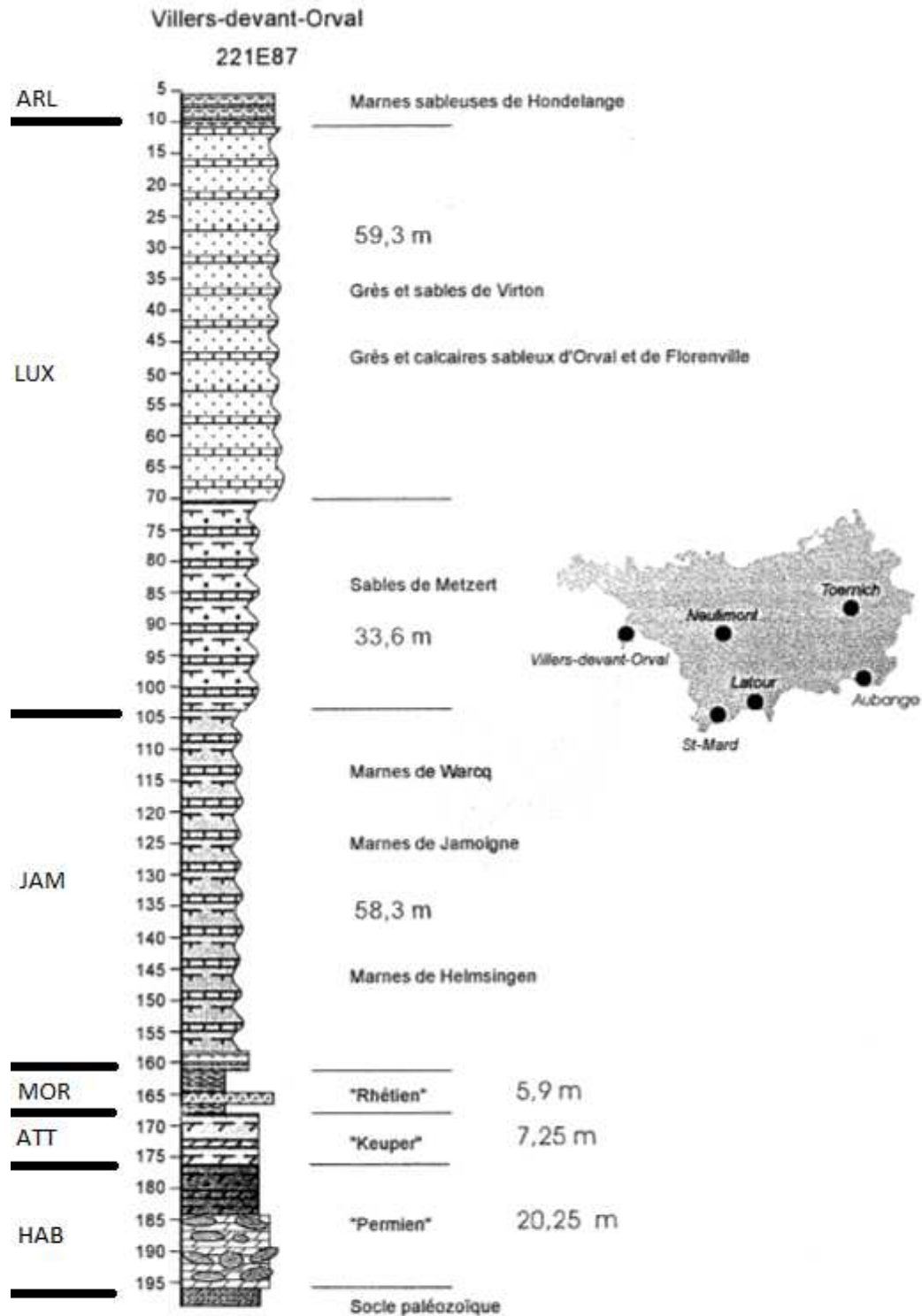


Figure III-3. Log stratigraphique du sondage Villers-devant-Orval (Boulvain *et al.*, 1996, modifié)

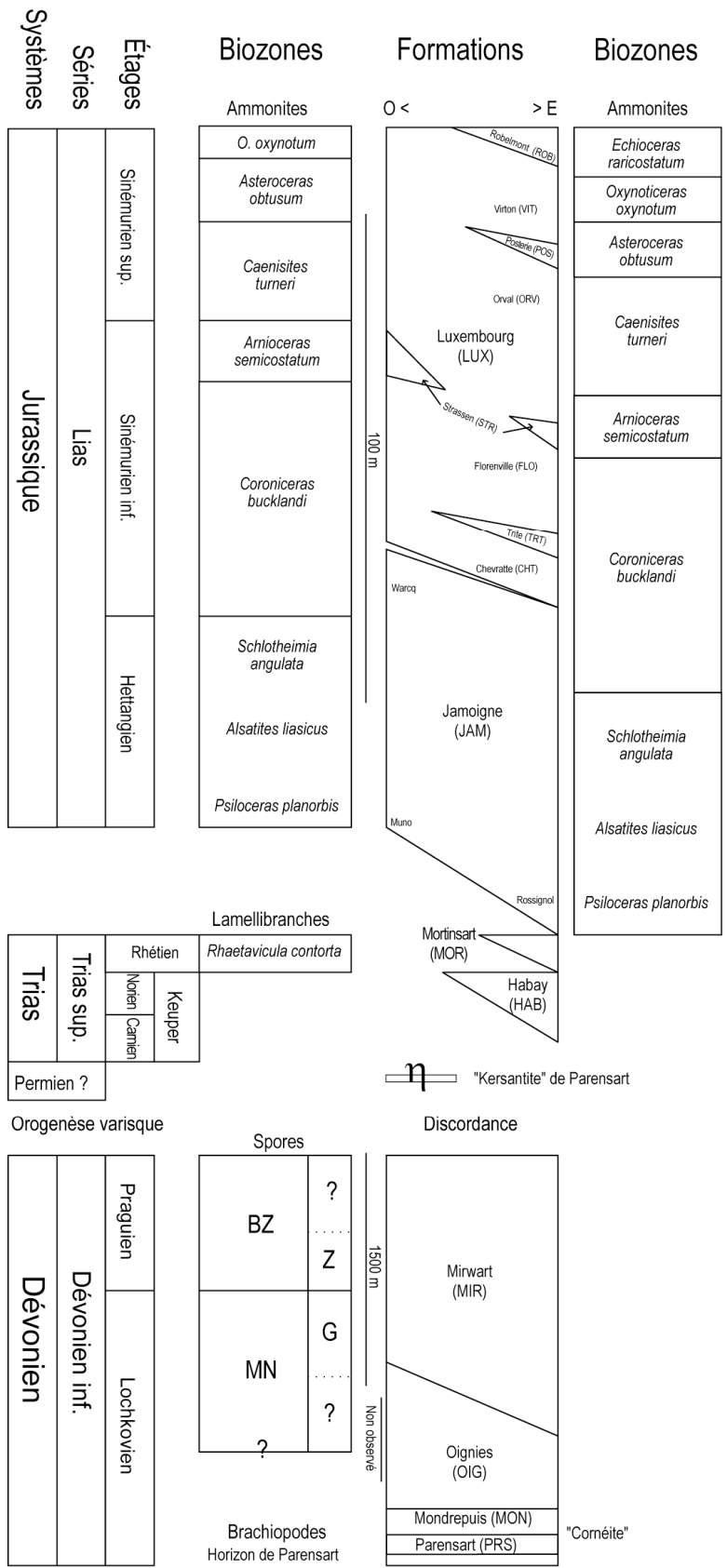


Figure III-4. Colonne stratigraphique de la carte géologique de Florenville – Izel – Villers-devant-Orval (Ghysel et Belanger, 2006).

III.2.1. Formation de Miwart (MIR)

D'après Godefroid *et al.*, (1994), la majeure partie de la Formation de Mirwart est d'âge Praguien. Elle a été observée dans le forage de Villers-devant-Orval mais elle n'affleure pas sur la carte.

Le faciès de la Formation de Mirwart est caractérisé par des séries grésopélitiques comprenant des phyllades, des siltites gréseuses laminaires (quartzophyllades), des grès argileux micacés et des intercalations quartzitiques. Les séries pélitiques sont disposées par paquets épais sur toute la hauteur de la formation entre des barres lenticulaires isolées, plus ou moins massives, de grès quartzitiques.

III.2.2. Formation d'Habay (HAB)

La plupart des auteurs situent la Formation d'Habay dans le trias alpin supérieur, l'équivalent du Keuper du Trias germanique. Cette formation n'affleure pas sur la carte mais elle a été identifiée en forage.

La formation est caractérisée par une coloration rosâtre, parfois rouge-brique ou lie-de-vin. Elle est dominée par des conglomérats à matrice dolomitique qui reflètent le caractère continental de la Formation d'Habay. Elle est marquée par un régime fluvio-littoral (plaines alluviales, chenaux fluviaux, paléosols etc.) (Bock, 1989, dans Ghysel et Belanger, 2006) occupant des paléo-vallées du socle ardennais pénéplané. D'où son épaisseur localement très variable, estimée à 20 m dans le forage de Villers-devant-Orval (Figure III-3).

III.2.3. Formation d'Attert (ATT)

La formation est attribuée au Trias alpin supérieur qui correspond au Keuper moyen du Trias germanique. La Formation d'Attert n'affleure pas sur la carte. D'après Boulvain *et al.*, (2001), sa puissance augmente, de manière générale, vers l'est et vers le sud. Sur la planche, sa puissance est de 7 m environ dans le forage de Villers-devant-Orval (Figure III-3).

La formation est caractérisée par la marnolithe (marne dolomitique indurée) et comporte aussi des marnes, des conglomérats de quartzite à matrice dolomitique ainsi que, vers le sommet, des bancs décimétriques de dolomie. La présence de pseudomorphoses de sel et de nodules d'anhydrite, associées à des filons de gypses, place cette formation dans un contexte lagunaire évaporitique de type sebkha.

III.2.4. Formation de Mortinsart (MOR)

La Formation de Mortinsart est située dans le Rhétien (Trias supérieur germanique). Elle n'affleure pas sur la carte. Son épaisseur ne dépasse pas 6 m dans le forage de Villers-devant-Orval (Figure III-3).

Le faciès de la Formation de Mortinsart est représenté en forage par des argiles bariolées contenant des dragées de quartz, une siltite ou grès fin argileux localement dolomitique, des sables et siltites.

D'après Boulvain *et al.*, (2000), la Formation de Mortinsart s'est déposée dans un environnement marin proximal et deltaïque de type baie ou lagon.

III.2.5. Formation de Jamoigne (JAM)

La Formation de Jamoigne n'affleure pas sur la carte Villers-devant-Orval, mais elle est sub-affleurante au fond de la vallée de la Mouline à la limite nord de la carte. La Formation de Jamoigne est située principalement dans l'Hettangien, et son sommet peut atteindre le Sinémurien inférieur. Son épaisseur est estimée à 60 m dans le forage de Villers-devant-Orval et à environ 70 m au forage de la Soye.

D'après Boulvain *et al.*, (1996), les marnes de Jamoigne sont caractérisées, dans le forage de Villers-devant-Orval, par des siltites argilo-dolomitiques sans faune à la base, surmontées par des siltites marneuses à lamellibranches et crinoïdes, localement bioturbées. De manière générale, la Formation de Jamoigne est caractérisée par des marnes plus ou moins sableuses avec intercalations de bancs de calcaire argileux bioclastique légèrement gréseux.

III.2.6. Formation de Luxembourg (LUX)

La Formation de Luxembourg débute à l'Hettangien à l'est de la Lorraine, mais sur la carte elle est exclusivement d'âge Sinémurien. Elle a une épaisseur d'environ 90 m dans le forage de Villers-devant-Orval, où elle est découpée en plusieurs membres, séparés par les marnes de la Formation d'Arlon (ARL). Ici, tous les membres de la Formation de Luxembourg ont été identifiés : Chevratte (CHT), Florenville (FLO), Orval (ORV) et Virton (VIT). Ils sont séparés successivement par les membres du Trite (TRT), Strassen (STR) et Posterie (POS). La Formation de Luxembourg affleure pratiquement sur l'entièreté de la carte et se prolonge dans le territoire français.

D'un point de vue lithologique, les membres de la Formation de Luxembourg sont difficiles à différencier. Ils sont caractérisés par des alternances de sables jaunes à roux, de bancs de grès tendre, de grès calcaire et de bancs de grès calcaire à lumachelles. En pratique, ils sont distingués par la présence d'intercalation des marnes de la Formation d'Arlon. Cependant, le Membre de Virton se présente généralement sous forme de sable orangé à blanchâtre plus ou moins cohérent. Les sables de Metzert, qui sont à la base du Membre de Florenville, et qui sont caractérisés par une fraction détritique relativement fine (d'après Boulvain *et al.*, 1996) n'ont pas été observés sur la carte.

III.2.7. Formation d'Arlon (ARL)

La Formation d'Arlon, contemporaine à la Formation de Luxembourg, est d'âge sinémurien. Elle n'est représentée, sur la carte, que par des intercalations marneuses discontinues repérées comme membres au sein de la Formation de Luxembourg. On distingue les Membres du Trite (TRT), de Strassen (STR) et de la Posterie (POS).

Boulvain *et al.*, (1996) ont également noté la présence d'un niveau marneux attribué alors au Membre de Hondelange (HON) dans le forage de Villers-devant-Orval.

Le Membre du Trite affleure dans les vallées à l'Est de la carte et il est en subaffleurement dans les vallées de la Mouline et de Williers sous les alluvions. Il disparaît dans le forage de Villers-devant-Orval vers le Sud.

Le Membre de Strassen affleure sur le bord est des vallées des ruisseaux des Douze Fontaines et de la Soye, et disparaît à l'Ouest. D'après la carte géologique (Ghysel et Belanger, 2006), il réapparaît à l'ouest du ruisseau de Williers. Le Membre de la Posterie affleure sous une fine bande à l'est de la carte.

De manière générale, la Formation d'Arlon est principalement marneuse, avec des proportions variables de sables souvent décalcifiés à la surface.

III.2.8. Alluvions modernes (AMO)

Les alluvions modernes sont des dépôts récents qui couvrent les fonds de vallées des cours d'eau permanents ou intermittents. Sur le revers de la cuesta sinémurienne, le réseau hydrographique, intégré au bassin de la Chiers, ne développe pas de vastes plaines alluviales.

Les alluvions modernes sont formées de dépôts argileux, sableux et graveleux. Localement, dans les vallées qui recoupent le revers de la cuesta, ils peuvent contenir des accumulations de travertin (Paepe *et al.*, 1970) et parfois de la tourbe.

III.3. CADRE STRUCTURAL

Les formations mésozoïques sont composées d'une alternance de couches monoclinales tendres (marnes et argiles) et indurées (grès et calcaires) de faible pendage allant de 1 à 3° orienté vers le SO. Ce sens est légèrement décalé par rapport au sens général en Lorraine belge qui s'explique par la forme du Bassin de Paris à ce niveau.

IV. CADRE HYDROGÉOLOGIQUE

Avant de développer la partie hydrogéologique de la notice, il est utile de rappeler la définition des termes aquifère, aquiclude et aquitard :

- Aquifère : formation perméable contenant de l'eau en quantités exploitables (UNESCO - OMM, 1992);
- Aquitard : formation semi-perméable permettant le transit de flux à très faible vitesse et rendant la couche sous-jacente semi-captive (Pfannkuch, 1990).
- Aquiclude : couche ou massif de roches saturées de très faible conductivité hydraulique et dans lequel on ne peut extraire économiquement des quantités d'eau appréciables (UNESCO - OMM, 1992);

IV.1. HYDROGÉOLOGIE RÉGIONALE

Vu l'alternance stratigraphique de couches géologiques perméables (grès, calcaires) et imperméables (marnes, argiles), caractéristiques des dépôts mésozoïques de la Lorraine belge, on distingue plusieurs aquifères superposés. Ces réservoirs aquifères, de qualité et d'ampleur variables, constituent actuellement presque la seule source d'approvisionnement pour la distribution publique d'eau potable des différentes agglomérations de la région. Ils sont aussi sollicités à des fins privées comme la production d'eau minérale des entreprises Nestlé Waters Benelux.

Les aquifères les plus importants en Lorraine belge sont formés par :

- les sables et les grès de la Formation de Mortinsart (Rhétien),
- les grès calcaires et les sables de la Formation de Luxembourg,
- les grès tendres de la Formation d'Aubange,
- les calcaires et les grès calcaires oolithiques des Formations de Longwy et de Mont-Saint-Martin.

Il existe, par ailleurs, d'autres niveaux aquifères non négligeables dans les conglomérats et dolomies de la Formation d'Habay, dans les bancs calcaires au sein de la Formation de Jamoigne et dans les alluvions et terrains quaternaires. A l'exception des aquifères du Sinémurien de la Formation de Luxembourg, ces autres aquifères n'ont pas été suffisamment étudiés jusqu'à ce jour.

Les grès et sables de la Formation de Mortinsart renferment un réservoir aquifère continu sur toute l'étendue de cette formation. Celle-ci s'amincit vers l'ouest pour disparaître sous forme d'un biseau au méridien des Bulles. La formation s'épaissit vers l'est ainsi que vers le sud.

Sa puissance moyenne est d'environ 15 m. L'aquifère de Mortinsart devient rapidement captif sous l'épaisse Formation de Jamoigne constituée essentiellement de marnes. Ces marnes imperméables séparent les aquifères contenus respectivement dans la Formation de Mortinsart et la Formation de Luxembourg.

L'aquifère de Mortinsart s'alimente essentiellement au niveau de sa zone d'affleurement située au nord et dans le nord-est de la Lorraine belge. Des échanges avec d'autres aquifères par le biais de failles pourraient également compléter les apports.

Vu sa moindre importance face à l'aquifère sinémurien de la Formation de Luxembourg, l'aquifère de Mortinsart est moins étudié. Pourtant cet aquifère captif du Rhétien suscite beaucoup d'intérêts, tant au niveau public que privé (Société Nestlé Waters Benelux).

Les réservoirs aquifères les plus importants sont contenus dans les sables et les calcaires sableux de la Formation de Luxembourg. Dans la partie centrale de la Lorraine belge, la Formation de Luxembourg se scinde en plusieurs nappes aquifères superposées (Chevratte, Florenville, Orval et Virton) séparées par des niveaux marneux (Trite, Strassen et Posterie), plus ou moins épais, appartenant à la Formation d'Arlon. Il est difficile cependant d'exclure des drainages localisés entre ces différents aquifères. Ceux-ci peuvent être rendus possibles par des phénomènes de karstification, par des accidents tectoniques et/ou par des lacunes de sédimentation de certains niveaux marneux. A l'est du méridien d'Arlon, à l'ouest du méridien de Jamoigne et au sud de Virton, les différentes nappes de la Formation de Luxembourg se soudent en un seul aquifère. En termes hydrogéologiques, le choix de la nomenclature pour la Formation de Luxembourg a été basé sur ses membres qui constituent les niveaux aquifères. Dans le cas de la Formation de Luxembourg indifférencié (absence d'intercalations marneuses de la Formation d'Arlon), l'aquifère prend le nom du membre avec lequel il forme un équilibre piézométrique et une continuité géométrique. De manière générale, quand les passages marneux de la Formation d'Arlon disparaissent, l'aquifère contenu dans la Formation de Luxembourg indifférenciée forme une continuité avec celui contenu dans le Membre de Florenville.

Deux aquifères principaux ont une portée régionale, les autres ont une importance locale. Les plus importants sont formés par le Membre de Florenville et le Membre d'Orval. L'aquifère de Florenville, le plus important, affleure sur une large bande au niveau de la cuesta dite « cuesta sinémurienne ». Ce relief va d'abord conditionner l'écoulement des eaux de surface. Une partie de l'eau infiltrée dans cette zone d'alimentation est drainée vers le nord, selon la pente de la cuesta, pour alimenter le bassin de la Semois. Le reste est drainé vers le sud pour alimenter le bassin de la Chiers, ainsi que la nappe aquifère qui devient captive vers le sud. L'aquifère d'Orval est limité à la base par les marnes du Membre de

Strassen. Vu la discontinuité de ce membre, il est difficile de délimiter avec précision les contours de l'aquifère, notamment vers la partie nord-est et dans le sud de la Lorraine belge. Les différents niveaux aquifères contenus dans la Formation de Luxembourg deviennent rapidement captifs vers le sud sous les argilites de la Formation d'Ethe, et souvent également sous les marnes de la Formation d'Arlon.

Le faciès sableux et calcaro-sableux de la Formation de Luxembourg présente une porosité de type mixte : d'interstices et de fissures. Une forte dissolution de ces roches peut provoquer localement des circulations de type pseudo-karstique.

Les grès tendres de la Formation d'Aubange et les silts de la Formation de Messancy constituent, en Lorraine belge, un autre ensemble aquifère important séparé de celui du Luxembourg par l'aquiclude des argilites d'Ethe. Les grès tendres, qui sont densément fracturés à l'affleurement, possèdent une bonne perméabilité de fissure. Le revers de la cuesta domérienne est entaillé par un réseau de ruisseaux qui sont jalonnés de sources drainant l'aquifère d'Aubange – Messancy au contact avec la Formation d'Ethe. Le long de la frontière franco-belge se dresse une remarquable cuesta formée principalement par les calcaires bajociens (Formation de Longwy) séparés des grès tendres par les argilites ou « *schistes cartons* » de la Formation de Grandcourt. Le contact de la nappe des calcaires avec les argilites sous-jacentes a donné naissance à une série de sources sur le front abrupt de la cuesta.

La présence de grandes failles de direction NE-SO favorise des axes d'écoulements préférentiels dans les principaux aquifères, sans pour autant générer une morphologie karstique vu les faibles épaisseurs et l'impureté (présence de sables) des calcaires lorrains. Les poches de dissolution sont souvent comblées par le sable.

Le rendement des nappes aquifères dans le bassin jurassique de la Lorraine belge est parfois plus important en regard de la superficie du bassin versant *sensu stricto* (bassin hydrographique). Cette suralimentation peut s'expliquer par la géomorphologie en cuesta qui ménage des bassins hydrogéologiques plus étendus que les bassins hydrographiques proprement dits.

Les estimations par jaugeages réguliers des différentes sources portent les potentialités hydriques de la Lorraine belge à environ 200.000 m³ par jour. Toutefois, une étude hydrogéologique approfondie reste cruciale si l'on veut envisager une exploitation intensive des eaux souterraines par puits, et si l'on veut éviter le tarissement des sources sur lesquelles est basé l'essentiel du réseau public en Lorraine belge.

IV.2. HYDROGÉOLOGIE LOCALE

La correspondance entre les formations géologiques et les unités hydrogéologiques est donnée au Tableau IV-1. La répartition des différentes formations sur la carte géologique levée par Ghysel et Belanger (2006), montre que les aquifères les plus importants sur la carte Villers-devant-Orval sont contenus dans la Formation de Luxembourg.

Les aquifères sinémuriens correspondent aux faciès sableux et grésocalcaires de la Formation de Luxembourg, limités à la base par les marnes de la Formation de Jamoigne. Sur la carte Villers-devant-Orval, le contexte hydrogéologique des aquifères sinémuriens est déterminé par la présence ou non des intercalations marneuses de la Formation d'Arlon et le drainage par les principaux cours d'eau. Ces passages marneux des membres du Trite, de Strassen et de la Posterie séparent respectivement les aquifères de la Chevratte, de Florenville, d'Orval et de Virton au sein de la Formation de Luxembourg. Les différents membres de la Formation d'Arlon sont groupés dans l'aquiclude d'Arlon.

IV.2.1. Description des principaux aquifères

IV.2.1.1. Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

L'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur est représenté par la Formation de Mirwart qui n'affleure pas sur la carte mais qui est rencontrée en forage (Figure III-3). En général, les terrains sont relativement imperméables à semi-perméables mais il existe localement des niveaux aquifères non négligeables. La réserve aquifère est composée d'un ensemble de nappes indépendantes locales qui se comportent comme des nappes captives fournissant une eau peu minéralisée, douce et peu alcaline. L'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieurs peut contribuer à l'alimentation des nappes sus-jacentes par drainage.

IV.2.1.2. Aquiclude à niveaux aquifères d'Habay

L'aquiclude à niveaux aquifères d'Habay est formé par la formation portant le même nom. Cette dernière est caractérisée par un changement latéral de faciès allant des argiles imperméables aux conglomérats dolomitiques qui peuvent contenir localement des réservoirs aquifères intéressants. Elle n'affleure pas sur la carte mais elle est rencontrée en forage tel que le piézomètre « Villers-devant-Orval ». Il s'agit d'une nappe captive qui n'est pas exploitée sur la carte. La présence d'évaporites, tel que le Gypse, dans les formations d'Attert et d'Habay peut poser un problème qualitatif pour les eaux prélevées dans cette unité. En effet, des teneurs trop élevées en sulfates peuvent être rencontrées dans ces niveaux. Pour éviter le mélange des eaux des nappes de la Formation de Luxembourg et de la Formation d'Habay, il est souvent conseillé de ne pas percer la base de la première.

Tableau IV-1. Tableau de correspondance géologie-hydrogéologie sur la carte Villers-devant-Orval 70/3-4

Ere	Système	Série	Etage	Formation	Membre	Lithologie	Abréviation	Hydrogéologie	
Cénozoïque	Quaternaire					argiles, sables et graviers	AMO	Aquifère alluvial	
Mésozoïque	Jurassique	Lias	Sinémurien	Luxembourg	Virton	Alternance de sables jaunes à roux, de bancs de grès tendres, de grès calcaires et de bancs de grès calcaires	VIT	Aquifère de Virton	
				Arlon	La Posterie	Marnes légèrement sableuses gris-bleu	POS	Aquiclude d'Arlon	
				Luxembourg	Orval	Alternance de sables jaunes à roux, de bancs de grès tendres, de grès calcaires et de bancs de grès calcaires à lumachelles	ORV	Aquifère d'Orval	
				Arlon	Strassen	Marnes légèrement sableuses gris-bleu	STR	Aquiclude d'Arlon	
				Luxembourg	Florenville	Alternance de bancs lenticulaires ou continus de sable calcaire et de bancs décimétriques à métriques de grès calcaires jaunâtres à orangés	FLO	Aquifère de Florenville	
				Arlon	Trite	Marnes légèrement sableuses gris-bleu	TRT	Aquiclude d'Arlon	
				Luxembourg	Chevratte	Alternance de bancs pluridécimétriques de grès calcaires et de lits de sables calcaires, jaunes à orangés	CHT	Aquifère de la Chevratte	
			Hettangien	Jamoigne		Marnes plus ou moins sableuses avec intercalations de bancs de calcaire argileux bioclastique légèrement gréseux	JAM	Aquiclude à niveaux aquifères de Jamoigne (non cartographié)	
		Trias	Trias sup.	Rhétien	Mortinsart		Sable ou grès tendre avec intercalations d'argiles noires	MOR	Aquifère de Mortinsart (non cartographié)
	Keuper			Attert		Marne dolomitique indurée, marnes et dolomie	ATT	Aquiclude d'Attert (non cartographié)	
Habay					Conglomérats, sables, sables argileux, conglomérats dolomitiques et argiles	HAB	Aquiclude à niveaux aquifères d'Habay (non cartographié)		
Paléozoïque	Dévonien	Dévonien inf.	Praguien	Mirwart		Phyllades, siltites laminaires (quartzophyllades), grès argileux micacés et intercalations quartzitiques	MIR	Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur (non cartographié)	
			Lochkovien						

IV.2.1.3. Aquifère de Mortinsart

L'aquifère de Mortinsart n'affleure pas sur la carte, mais il est rencontré en forage tel que le piézomètre artésien de la « Soye » à la limite est de la carte. Il s'agit d'un aquifère de sable et de grès d'une dizaine de mètres d'épaisseur qui n'est pas exploité sur la planche.

IV.2.1.4. Aquifère de la Chevratte :

Comme les affleurements des marnes du Membre du Trité sont peu fréquents sur la carte, il est difficile de délimiter avec précision l'extension de l'aquifère de la Chevratte. Cantonné entre le sommet des marnes de la Formation de Jamoigne et les marnes du Membre du Trité, sur une épaisseur d'une dizaine de mètres, l'aquifère de la Chevratte est captif. En effet, dans les environs de Villers-devant-Orval, le sondage au lieu-dit « Devant le Bâti » (SGB) montre qu'à la base des grès calcaires du Membre de Florenville, un niveau marneux surmonte des calcaires présentant des cavités. La nappe y est captive, le niveau piézométrique étant une vingtaine de mètres au-dessus des marnes (renseignements fournis par le responsable du Service technique de la commune de Florenville). Il n'existe pas, à l'heure actuelle, d'informations hydrogéologiques suffisantes concernant cet aquifère.

IV.2.1.5. Aquifère de Florenville

L'aquifère des grès calcaires de Florenville est limité à la base par les marnes du Membre du Trité et au sommet par les marnes du Membre de Strassen avec une cinquantaine de mètres d'épaisseur environ. C'est l'aquifère le plus important (Grès de Luxembourg), non seulement à l'échelle de la carte, mais dans toute la Lorraine belge et le Grand-Duché de Luxembourg.

La zone d'alimentation de l'aquifère de Florenville, située sur le revers de la cuesta sinémurienne, occupe la majeure partie de la superficie couverte par la carte Villers-devant-Orval. C'est une zone boisée, couverte en grande partie par les forêts d'Orval et de Merlanvaux. Par ailleurs, il est possible que la nappe de Florenville soit également rechargée, à l'E et à l'O de la carte, par drainance des nappes supérieures, compte tenu des discontinuités sédimentaires des membres marneux de la Formation d'Arlon.

La nappe de Florenville est drainée par La Marche et plusieurs de ses affluents tels que la Soye ou Le Courwez, la Mouline, le Williers et d'autres ruisseaux moins importants. C'est une nappe à la fois de fissures et de pores. A l'échelle de la Lorraine, l'aquifère de Florenville possède une capacité d'emmagasinement généralement importante et une bonne perméabilité (10^{-4} à 10^{-3} m/s). Par contre dans la région de Florenville les fluctuations piézométriques de la nappe sont les plus importantes avec environ 7 m de variation d'amplitude manifestant une faible capacité d'emmagasinement (cf. notice hydrogéologique de la carte Florenville – Izel 67/7-8). Les valeurs de transmissivité sont en effet plus faibles

(10^{-5} m²/s à 10^{-4} m²/s) dans cette région y compris sur la carte Villers-devant-Orval avec un ordre de grandeur de moins qu'ailleurs (Debbaut et Vander Borght, 1988).

IV.2.1.6. Aquifère d'Orval

L'aquifère d'Orval est limité à la base par les marnes du Membre de Strassen qui le séparent de l'aquifère de Florenville. Il est identifié, sur la carte, dans l'est de la vallée de la Soye et dans l'ouest de la carte sous forme de nappes perchées plus ou moins importantes. La nappe est drainée par la Soye à l'est et par deux petits ruisseaux à l'ouest.

IV.2.1.7. Aquifère de Virton

L'aquifère de Virton est limité à la base par les marnes du Membre de la Posterie. Celles-ci affleurent sous forme d'une fine bande au sud-est de la planche. L'aquifère de Virton, d'extension très restreinte sur la carte, n'est représenté que par une petite nappe perchée qui se prolonge sur la carte voisine (Meix-devant-Virton – Virton 71/1-2).

IV.2.1.8. Aquiclude d'Arlon

L'aquiclude d'Arlon regroupe tous les membres de la Formations du même nom, représentés sur la carte (Trite, Strassen et la Posterie). Sa faible perméabilité est due à sa nature lithologique essentiellement marneuse. C'est un aquiclude qui joue un rôle hydrogéologique important sur la carte tel que la séparation de la Formation de Luxembourg en plusieurs niveaux aquifères relativement indépendants. Il est aussi à l'origine de l'apparition de plusieurs sources, principalement sur les versants des cours d'eau. C'est le cas par exemple de la « Source Mathilde », exploitée par l'Habay d'Orval pour sa brasserie. Cette source prend naissance au contact de l'aquifère de Florenville avec l'aquiclude d'Arlon (ici représenté par le Membre du Trite).

IV.2.1.9. Aquifère alluvial

Localement, dans les vallées qui recoupent le revers de la cuesta, les alluvions peuvent contenir des accumulations de travertin (Paepe *et al.*, 1970) propices pour contenir une nappe d'eau souterraine. La plaine alluviale est toutefois peu développée limitant le potentiel de l'aquifère alluvial.

Par ailleurs, quand elle n'est pas assise sur les marnes de la Formation d'Arlon, la nappe alluviale est en continuité hydraulique avec les nappes sous-jacentes de Florenville ou de la Chevratte.

IV.2.2. Ressources en eau souterraine de la Formation de Luxembourg

Cette section fait référence à deux études des ressources en eau souterraine du sud de la province de Luxembourg qui ont été commandées par la Région wallonne et réalisées à la FUL (Debbaut et Vander Borght 1988 ; Masson *et al.*, 1993). Sur la carte Villers-devant-Orval, l'aspect hydrologique de ces études a porté sur le bassin de La Marche sur lequel avaient été installées 3 stations limnimétriques.

Le bassin de La Marche s'étend sur une superficie considérable. Sur la carte, il est limité au sud et à l'ouest par la frontière française, au nord par le bassin de la Semois et à l'est par le bassin du Ton. Il englobe toute la zone couverte par la carte de Villers-devant-Orval. Les terrains qui y affleurent, d'âge sinémurien, comprennent les sables et grès calcaires de Luxembourg et les marnes d'Arlon.

La Marche est formée par la réunion de trois ruisseaux importants: le Williers, le Courwez ou la Soye et la Mouline. Seule la station limnimétrique installée sur ce dernier a donné des résultats exploitables.

IV.2.2.1. Sous-bassin de la Mouline

IV.2.2.1.1 Cadre hydrogéologique

Le sous-bassin de la Mouline regroupe le bassin du ruisseau de la Mouline et celui du ruisseau du Williers. Il est entièrement développé sur les faciès grésocalcaires de la Formation de Luxembourg et les marnes de la Formation d'Arlon. Le ruisseau de la Mouline a dégagé les marnes hettangiennes de la Formation de Jamoigne à l'extrême-nord de la carte.

IV.2.2.1.2 Station de mesure

La station de mesure a consisté en une section aménagée de cours d'eau (ancien pont du vicinal) dans laquelle ont été installés un déversoir et un limnigraphe. L'étalonnage de la section a été réalisé sur base de mesures au micromoulinet et à la sonde électromagnétique. La station a fonctionné de fin 1985 jusqu'au terme de l'étude.

IV.2.2.1.3 Coefficient de tarissement

Durant la période de mesure, 3 coefficients de tarissement ont été déterminés :

Tableau IV-2. Coefficients de tarissement (Masson et al., 1993, modifié)

TARISSEMENT	DU	AU	VALEUR DU COEFFICIENT, j^{-1}
1	30.01.86	21.02.86	0,0021
2	06.04.86	13.04.86	0,005
3	15.06.86	06.08.86	0,0015

Le coefficient de tarissement moyen est estimé à $\alpha = 0,0029 j^{-1}$

IV.2.2.1.4 Volume des réserves

Le plus bas débit mesuré durant la période de fonctionnement de la station est de 655 l/s, en septembre 1986. Cette valeur permet de calculer un volume de réserve de 513,5 mm. Le maximum, calculé avec un débit de 750 l/s, est de 588 mm correspondant à 2 345 000 m³.

IV.2.2.1.5 Conclusions

Comme pour les autres bassins réséquents (la rivière s'écoule sur le revers de la cuesta, dans le sens du pendage), le sous-bassin de la Mouline a des réserves aquifères importantes et les coefficients de tarissement sont bas.

IV.2.2.2. Sous-bassin de la Soye ou du Courwez

IV.2.2.2.1 Cadre hydrogéologique

Le sous-bassin du ruisseau de la Soye témoigne d'une situation géologique particulière. En effet, les Marnes de Strassen qui sont observées dans la partie orientale semblent disparaître vers l'ouest et vers le sud. Certains petits ruisseaux affluents de la Soye prennent leur source au contact de ces marnes avec les grès d'Orval. Ils bénéficient ainsi des réserves aquifères présentes au sein de ces derniers en complément des réserves contenues dans l'aquifère des grès calcaires de Florenville.

Le réseau hydrographique réduit dans la partie occidentale du sous-bassin de la Soye est vraisemblablement lié à l'absence des Marnes de Strassen et les deux aquifères (grès d'Orval et grès de Florenville) ne font plus qu'un.

IV.2.2.2.2 Station de mesure

La station de mesure se composait d'un déversoir en amont duquel une échelle graduée a été placée.

IV.2.2.2.3 Coefficient de tarissement

Les valeurs obtenues pour les coefficients de tarissement sont reportées sur le Tableau IV-3. La valeur moyenne retenue sur base de ces résultats est de 0,0020 j⁻¹.

Tableau IV-3. Coefficients de tarissement (Masson et al., 1993, modifié).

TARISSEMENT	DU	AU	VALEUR DU COEFFICIENT, j^{-1}
1	05.11.85	27.02.86	0,0015
2	30.05.86	06.08.86	0,0021
3	05.05.88	16.05.88	0,002

IV.2.2.2.4 Volume des réserves

Les débits minimum et maximum observés valent dans l'ordre de 307,6 l/s et 509,1 l/s. Les volumes des réserves qui y correspondent sont respectivement équivalents à 679,2 mm soit 13 288 320 m³ et à 1 124,4 mm soit 21 993 120 m³. Le rapport du débit de crue au débit en étiage vaut 1,7.

IV.2.2.2.5 Conclusions

Le bassin du ruisseau de la Soye possède des réserves très importantes, localisées dans les grès calcaires de Florenville et dans les grès d'Orval. Les volumes d'eau exportés et importés se balancent de façon relativement équilibrée.

IV.2.2.3. Conclusions pour le sous-bassin de la Marche

Le sous-bassin de la Marche se caractérise par la disparition des marnes du Membre de Strassen le long de son bord oriental. Cette situation géologique induit l'existence d'un seul aquifère contenu dans la Formation de Luxembourg. Les ruisseaux sont par conséquent alimentés par la nappe avec laquelle ils sont en équilibre.

Etant donné que l'écoulement des eaux souterraines s'effectue globalement suivant la direction et le pendage des couches vers le Sud, toute région non drainée par un cours d'eau et située dans la zone d'affleurement du Sinémurien est susceptible d'être le siège d'une exportation des réserves vers le sud.

Les seuils hydrologiques qui se manifestent le long des versants des vallées à la faveur du contact entre la topographie et le sommet d'horizons marneux constituent des obstacles au transfert, surtout lorsque ces vallées sont dirigées est-ouest, et recueillent tout l'écoulement en provenance de l'aquifère.

IV.2.3. Phénomènes karstiques

Dans les grès calcaires du sinémurien situés sur la carte, la morphologie karstique est limitée à la présence de pseudo-résurgences reliées à des axes d'écoulement préférentiels favorisés par les nombreuses fracturations des roches à ciment calcaire. Ceci est dû aux faibles épaisseurs des bancs de grès calcaires et à l'impureté de ces roches. Il existe

toutefois, des cavités et des conduits de taille centimétrique à décimétrique formés par dissolution.

IV.2.4. Piézométrie

Seule la piézométrie de la nappe de Florenville est tracée sur la carte Villers-devant-Orval. Ce choix est fondé sur son importance régionale. Deux valeurs ponctuelles indicatives des niveaux piézométriques des nappes contenues dans les sables, grès et poudingues du Trias sont également présentées sur la carte. La valeur indiquée au piézomètre « la Soye » est celle de l'aquifère de Mortinsart et celle indiquée au piézomètre plus profond « Villers-devant-Orval » est relative à l'aquiclude à niveaux aquifères d'Habay.

Le tracé des isopièzes a été fait sur base des données piézométriques récoltées pendant la campagne de terrain, en novembre 2003, durant la réalisation de la carte hydrogéologique. Ce tracé correspond à la période des basses eaux.

Par ailleurs, le revers de la cuesta sinémurienne est entaillé par plusieurs cours d'eau qui rabattent la surface piézométrique de l'aquifère de Florenville, permettant une meilleure évaluation des niveaux de la nappe au voisinage de ces cours d'eau. La carte piézométrique est donc tracée en tenant compte des niveaux d'une série de sources drainant la nappe de Florenville, des niveaux de certains cours d'eaux et des niveaux de la nappe dans les puits et piézomètres.

La carte piézométrique a été reportée sur fond topographique à 1/25 000 pour l'aquifère de Florenville. Elle est symbolisée par les courbes isopièzes (en rouge), avec indication de la cote par rapport au niveau de la mer et du sens probable de l'écoulement dans la nappe. De manière générale, le sens de l'écoulement de la nappe est dirigé vers le sud suivant le pendage des couches, et alimente le réseau hydrographique de La Marche. Les isopièzes sont également déformées du fait du rabattement de la nappe généré par certains cours d'eaux, notamment les ruisseaux de la Soye, de la Mouline et de Williers.

Seul l'historique des mesures piézométriques de l'aquifère de Florenville permet de suivre l'évolution annuelle et saisonnière de la nappe sur la carte Villers-devant-Orval. Cette évolution est suivie au piézomètre dénommé « Villers-devant-Orval ». C'est un double piézomètre dont le premier, artésien et profond de 248 m, sollicite l'aquiclude à niveaux aquifères d'Habay. Le deuxième, profond de 67 m, sollicite l'aquifère de Florenville. Ce double piézomètre est implanté à l'ouest du village Villers-devant-Orval (X = 218500, Y = 35710). Des mesures sont disponibles depuis février 1993, mais il faut noter que l'eau jaillissante de la nappe profonde est remise continuellement dans le piézomètre de la nappe

de Florenville. Une surestimation du niveau aquifère de Florenville est donc possible à ce niveau. La Figure IV-1 montre l'évolution piézométrique jusqu'en octobre 2007.

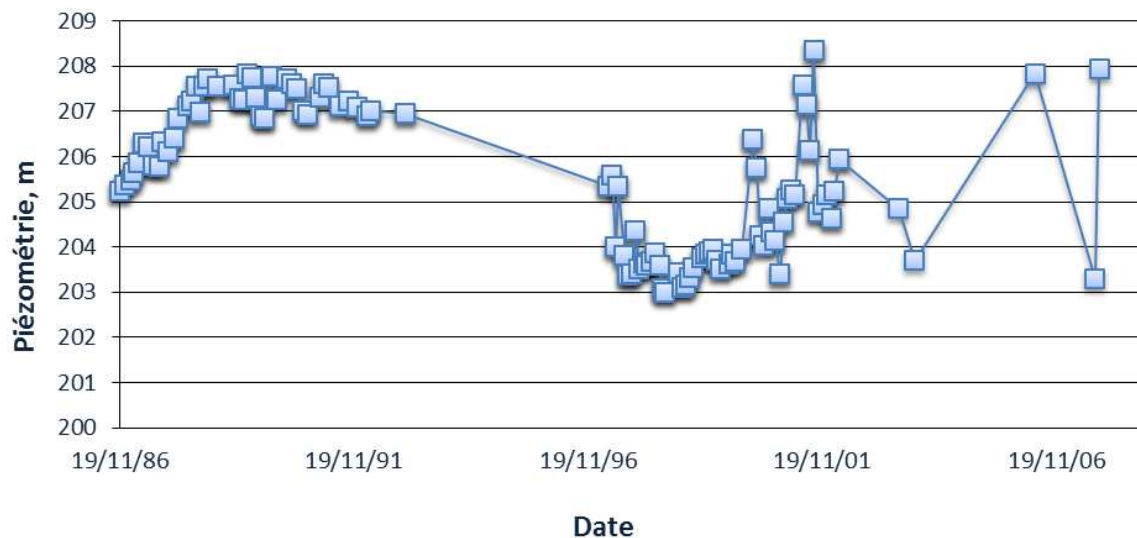


Figure IV-1. Evolution des niveaux piézométriques de l'aquifère des grès calcaires de Florenville au piézomètre Villers-devant-Orval.

Les variations piézométriques moyennes annuelles montrent une nette augmentation des niveaux de la nappe durant la fin des années 80 et le début des années 90, suivie d'une tendance à la baisse durant les années 90. Les variations sont très disparates autour d'une moyenne de 204 m durant ces 5 dernières années. Par contre, l'amplitude des fluctuations saisonnières est relativement faible par rapport à la moyenne observée dans la partie Ouest de la Lorraine (Debbaut et Vander Borght, 1988 et Masson, *et al.*, 1993). Il est vraisemblable que cet amortissement est dû à l'équilibre de la nappe de Florenville avec les cours d'eau environnants et à la configuration du double piézomètre ; une recharge continue de la nappe de Florenville par le piézomètre de la nappe profonde d'Habay.

IV.2.5. Coupe hydrogéologique

La localisation et la direction des coupes hydrogéologiques (cf. carte principale au 1/25 000 du poster A0 joint à cette notice) sont choisies pour représenter la structure des différentes unités hydrogéologiques et la piézométrie.

La coupe BB', de direction est-ouest, traverse les ruisseaux des Douze Fontaines, de Williers et de l'Oudel. La surface piézométrique est influencée par ces cours d'eau qui sont tous alimentés par l'aquifère de Florenville. La coupe passe à l'ouest par le forage de « Le Bati – Les aisances du chemin » et par le « Piézomètre Villers-devant-Orval ». Le pendage des couches est très légèrement dirigé vers l'ouest.

La coupe AA', de direction nord-sud, traverse les ruisseaux de l'Ourdel et du Bois le Baron qui sont alimentés par l'aquifère de Florenville. La surface piézométrique, peu déformée, montre un écoulement vers le sud dans le sens du pendage des couches.

Les deux coupes montrent que les membres de la Formation d'Arlon (Strassen et Trite) sont discontinus, et que l'alimentation de la nappe de Florenville par les nappes de la Chevratte, d'Orval et de Virton n'est donc pas exclue localement.

V. HYDROCHIMIE

V.1. CARACTÉRISATION HYDROCHIMIQUE DES EAUX

Aucune campagne de prélèvement chimique n'a été organisée dans le cadre de la réalisation des cartes hydrogéologiques. Ce point reprend et traite des données existantes.

En janvier 2013, on comptait 5 ouvrages caractérisés par au moins une analyse chimique. La localisation de ces ouvrages a été reportée sur la carte thématique à 1/50.000 « *Carte des informations complémentaires et des caractères de couverture des nappes*² ».

Les résultats des analyses ont été encodés dans la base de données (BDHYDRO) avec 315 analyses. Ces données chimiques caractérisent la qualité de la nappe captive d'Habay au piézomètre « Villers-devant-Orval », de Mortinsart au piézomètre « Puits artésien de la Soye », de la nappe de Florenville au niveau de la « Fontaine Mathilde » ainsi qu'au piézomètre « Le Bati-Les Aisances du chemin » et enfin la nappe d'Orval dans le puits « Ferme Les Linettes ».

V.1.1. Caractérisation hydrochimique des eaux de la nappe d'Habay et de Mortinsart

Des mesures indicatives de la qualité hydrochimique de l'aquifère d'Habay sont représentées au Tableau V-1 et celles de la nappe de Mortinsart au Tableau V-2, avec les normes wallonnes de potabilité des eaux de distribution de 1985. Un échantillon a été prélevé 11/12/1984 dans le piézomètre de Villers-devant-Orval et un autre échantillon a été prélevé le 01/10/1985 au piézomètre de la Soye.

Tableau V-1. Composition chimique indicative de la qualité des eaux de la nappe d'Habay au piézomètre « Villers-devant-Orval » (248 m de profondeur).

² « *Carte des informations complémentaires et des caractères de couverture des nappes* ». Elle représente les données spécifiques disponibles telles que le caractère de la couverture des principaux aquifères, des tests réalisés (essai de pompage, de traçage etc.) ainsi que d'autres informations complémentaires comme l'existence de données hydrochimiques, de diagraphies (Echelle : 1/50.000).

Paramètre	Unité	Valeur	Normes
pH	unités pH	8,16	6.5<pH<9.2
Conductivité	µs/cm à 25°C	980	2100
Chlorures	mg/l Cl-	74,6	200
Sulfates	mg/l SO4	330	250
Calcium	mg/l Ca	48,5	270
Magnésium	mg/l Mg	22	50
Sodium	mg/l Na	158,9	150
Potassium	mg/l K	4,6	12

Tableau V-2. Composition chimique indicative de la qualité des eaux de la nappe de Mortinsart au piézomètre de la « Soye » (141 m de profondeur).

Paramètre	Unité	Valeur	Normes
pH	unités pH	7,7	6.5<pH<9.2
Conductivité	µs/cm à 25°C	355	2100
Calcium	mg/l Ca	81,7	270
Magnésium	mg/l Mg	1,1	50
Sodium	mg/l Na	2,4	150
Potassium	mg/l K	0,8	12
Carbonates	mg/l HCO3	232,4	
Chlorures	mg/l Cl-	3,4	200
Sulfates	mg/l SO4	22,3	250
Nitrates	mg/l NO3	4,5	50
Nitrites	mg/l NO2	<0,05	0.1
Ammonium	mg/l NH4	0,49	0.5

Les teneurs élevées en sulfates dans le piézomètre de Villers-devant-Orval peuvent être dues à la présence du gypse (évaaporites) dans les formations triasiques recoupées par le forage à ce niveau.

V.1.2. Caractérisation hydrochimique des eaux des nappes de Florenville et d'Orval.

Des mesures indicatives de la qualité hydrochimique de la nappe de Florenville sont représentées dans le Tableau V-3. Il s'agit d'un échantillon d'eau prélevé le 2/06/2005 à la source « Fontaine Mathilde³ ».

³ X = 220 734 et Y = 37 000, coordonnées Lambert belge 1972, en mètre.

Tableau V-3. Composition chimique indicative de la qualité des eaux de la nappe de Florenville à la « Fontaine Mathilde » (source).

PARAMETRE	UNITE	VALEUR	NORME
Agents de surface (bleu de méthylène)	µg/l	<60	200
Alcalinité totale	° français	19,5	
Aluminium	µg/l	<10	200
Ammonium	mg/l NH4	<0,05	0,5
Anthracène	ng/l	<2	
Antimoine	µg/l	<0,2	5
Arsenic	µg/l	<0,2	10
Bore	µg/l	<50	1000
Bromacile	ng/l	<10	100
Cadmium	µg/l	<0,2	5
Calcium	mg/l	92	270
Carbone organique total	mg/l C	0,3	
Chloridazon	ng/l	<10	100
Chloroforme	µg/l	0	
Chlortoluron	ng/l	<10	100
Chlorures	mg/l	4	250
Chrome	µg/l	<1	50
Conductivité	µs/cm à 20°C	388	2500
Cuivre	µg/l	<2	2000
Cyanazine	ng/l	<10	100
Cyanures (totaux)	µg/l	<3	50
Déisopropylatrazine	ng/l	<10	100
Déséthyl Atrazine	ng/l	<10	100
Diuron	ng/l	<10	100
Dureté totale	° français	24,2	67,5
Etain	µg/l	<1	0
Fer (sur filtré 0,4µ)	µg/l	<2	200
Magnésium	mg/l	1,38	50
Manganèse	µg/l	<5	50
Mercuré	µg/l	<0,1	1
Nickel	µg/l	<2	20
Nitrates	mg/l NO3	9	50
Nitrites	mg/l NO2	0	0,5
Ortho-Phosphates	mg/l	0	0
Oxydabilité (KMnO4)	mg/l O2	0,84	5
Oxygène dissous (in-situ)	mg/l O2	10,8	
PARAMETRE	UNITE	VALEUR	NORME
pH	unités pH	7,55	
Phénanthrène	ng/l	<15	
Phosphore total	mg/l P2O5	<0,1	5
Plomb	µg/l	<0,5	25
Potassium	mg/l	0	12
Propazine	ng/l	<10	100
Pyrène	ng/l	<5	
Selenium	µg/l	<0,5	10
Silice	mg/l SiO2	6,4	
Simazine	ng/l	<10	100
Sodium	mg/l	2,2	200

Strontium	µg/l	94	
Sulfates	mg/l	14,8	250
Température	° Celsius	10,8	25
Terbutylazine	ng/l	<10	100
Zinc	µg/l	<20	5000

La nappe de Florenville produit une eau d'une dureté moyenne et des teneurs normales en nitrate.

Des mesures indicatives de la qualité hydrochimique de la nappe d'Orval sont représentées dans le Tableau V-4. Il s'agit d'un échantillon d'eau prélevé le 13/07/01 au « Puits Ferme les Linettes à Lime ».

Tableau V-4. Composition chimique indicative de la qualité des eaux de la nappe d'Orval au « Puits Ferme les Linettes à Limes »

PARAMETRE	UNITE	VALEUR	NORME
Ammonium	mg/l NH4	<0,02	0,5
Coliformes fécaux	nb par 100ml	1	0
Coliformes totaux	nb par 100ml	1	0
Conductivité	µs/cm à 20°C	774	2500
Germes totaux à 22°C	nb par ml	300	0
Germes totaux à 37°C	nb par ml	280	0
Nitrates	mg/l NO3	41,64	50
Nitrites	mg/l NO2	<0,05	0,5
pH	unités pH	7,23	6,5
Streptocoques fécaux	nb par 100ml	3	0
Turbidité	NTU	0,79	4

La qualité bactériologique doit être surveillée dans ce puits ainsi que les teneurs en nitrates. Les activités agricoles ou celles d'un gîte touristique à proximité peuvent être la source des altérations observées.

VI. EXPLOITATION DES AQUIFÈRES

Tous les ouvrages recensés et existant en janvier 2013, sans distinction de nature (puits, piézomètres, sources...), ont été reportés sur la « *Carte des volumes prélevés*⁴ » (1/50 000). Un symbolisme différent est attribué selon la nappe dans laquelle est établi l'ouvrage. Sa couleur correspond à celle de l'aquifère atteint.

Les ouvrages de prise d'eau dont le débit est connu sont tous privés. Les volumes sont indiqués par des pastilles vertes de diamètre proportionnel au débit prélevé. Le plus important captage privé appartient à l'Abbaye d'Orval. Ce captage sollicite l'aquifère de Florenville avec une moyenne de prélèvement assez stable de l'ordre de 57 000 m³/an.

Par ailleurs, la seule prise d'eau exploitée pour la distribution publique d'eau potable, appartenant à la commune de Florenville, est arrêtée depuis 2001. Il s'agit du puits « *Le Bati-les Aisances du Chemin*⁵ » foré à une profondeur de 90 m au nord de Villers-devant-Orval. Implanté dans l'aquifère de Florenville, l'ouvrage sert actuellement de piézomètre.

L'évolution de l'exploitation des eaux souterraines pour l'aquifère de Florenville, qui représente la quasi-totalité des volumes prélevés sur la carte Villers-devant-Orval, est donnée en Figure VI-1. Depuis l'arrêt du captage communal, les volumes exploités sont plus stables mais ne dépassent pas 60 000 m³/an sur toute la carte.

⁴ Cette carte représente l'ensemble des ouvrages recensés et existant en 2013 en discernant :

1. Les ouvrages (puits, piézomètres, sources, etc.) différenciés selon l'aquifère qu'ils atteignent. La couleur des symboles utilisés est identique à la couleur de la nappe atteinte. Quand il s'agit d'un puits sollicitant plusieurs aquifères, le symbole prend la couleur de la nappe principale.

2. Pour rendre compte de l'importance des différents sites d'exploitation, des volumes moyens ont été calculés sur les cinq dernières années encodées. Ces volumes correspondent à une moyenne d'exploitation annuelle entre 2005 et 2009. Il faut souligner que certains captages peuvent n'avoir fonctionné qu'une seule année pendant cet intervalle. C'est le cas par exemple des captages d'appoint. Les volumes moyens doivent être pris avec prudence. Ils ne reflètent que des valeurs indicatives de l'exploitation.

⁵ X = 219 827 et Y = 35767, coordonnées Lambert belge, 1972

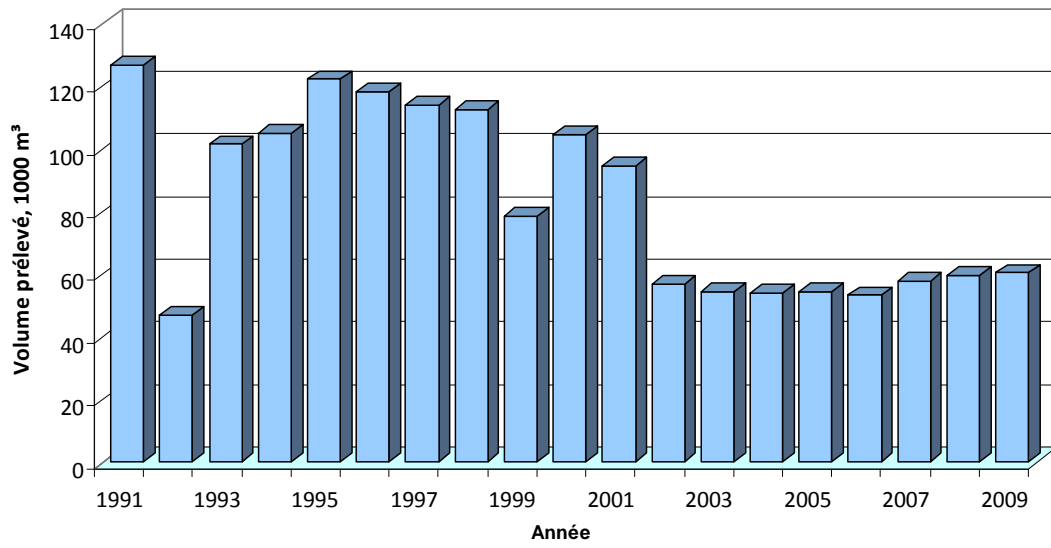


Figure VI-1. Evolution de l'exploitation de l'aquifère de Florenville sur la carte Villers-devant-Orval

VII. CARACTÉRISATION DE LA COUVERTURE ET PARAMÈTRES HYDRAULIQUES DES NAPPES

Vu la superposition de plusieurs niveaux aquifères sur la carte, c'est la couverture de la nappe principale qui est contenue dans les grès calcaires de Florenville qui est présentée. Sur la « *carte des informations complémentaires et des caractères de couverture des nappes* », cette couverture a été définie comme perméable, semi-perméable ou imperméable si l'aquifère n'est pas à l'affleurement. Par ailleurs, les données hydrogéologiques précises concernant les paramètres d'écoulement et de transport sont relativement rares.

VII.1. CARACTÉRISATION DE LA COUVERTURE DE LA NAPPE DE FLORENVILLE

Le Membre de Florenville constitue le plus grand potentiel aquifère en Lorraine belge. Il affleure sur la majeure partie de la carte Villers-devant-Orval, dans une zone fortement boisée. Celle-ci constitue une partie de la zone d'alimentation de l'aquifère de Florenville sur la carte. L'autre partie est assurée par la drainance des autres niveaux aquifères contenus dans les grès calcaires de la Formation de Luxembourg (Chevratte, Orval et Virton). En effet, d'après l'étude de l'aquifère sinémurien du Pays Lorrain (Masson *et al.*, 1993), la couche marneuse de Strassen, est affectée par des petites failles, par des effondrements de type karstique, ou éventuellement par des lacunes de sédimentation. Ce type de structure amène à penser que le Membre d'Orval participe indirectement à l'alimentation de la nappe de Florenville.

VII.2. PARAMÈTRES D'ÉCOULEMENT ET DE TRANSPORT DANS LES AQUIFÈRES

Les données hydrogéologiques disponibles concernant les paramètres d'écoulement et de transport sont rares dans la zone couverte par la carte. Le seul point où un essai de pompage a été réalisé a été reporté sur la « *carte des informations complémentaires et des caractères de couverture des nappes* ».

La transmissivité de l'aquifère des grès calcaires de Florenville a été estimée au niveau du captage « *Le Bati-les Aisances du Chemin* » à $3 \cdot 10^{-4}$ m²/s durant le pompage, et à $4 \cdot 10^{-5}$ m²/s durant la remontée. L'essai de pompage a été réalisé le 07/09/1976 et la transmissivité a été calculée par la méthode de Jacob. Les résultats détaillés de cet essai de pompage sont disponibles au Service Géologique de Belgique (SGB, 1987). Il faut rappeler que ces valeurs de transmissivité sont un ordre de grandeur plus faible qu'à l'est de la Gaume (Debbaut et Vander Borght, 1988).

VIII. ZONES DE PROTECTION

VIII.1. CADRE LEGAL

Suite au développement économique, les ressources en eaux souterraines sont de plus en plus sollicitées et en même temps soumises à des pressions environnementales qui menacent leur qualité.

Afin de limiter les risques de contamination des captages, des périmètres de prévention doivent être mis en place. La législation wallonne⁶ définit 4 niveaux de protection à mesure que l'on s'éloigne du captage : zones de prise d'eau (Zone I), de prévention (Zones IIa et IIb) et de surveillance (Zone III).

Zone de prise d'eau ou zone I

La zone de prise d'eau est délimitée par la ligne située à 10 m des limites extérieures des installations en surface strictement nécessaires à la prise d'eau. A l'intérieur de la zone de prise d'eau, seules les activités en rapport direct avec la production d'eau sont tolérées.

Zones de prévention rapprochée et éloignée ou zones IIa et IIb

L'aire géographique dans laquelle le captage peut être atteint par tout polluant sans que celui-ci ne soit dégradé ou dissous de façon suffisante et sans qu'il ne soit possible de le récupérer de façon efficace, s'appelle la "zone de prévention".

Une zone de prévention est déterminée en nappe libre. En nappe captive, une telle zone peut être déterminée (à la demande de l'exploitant ou imposée par les autorités régionales).

La zone de prévention d'une prise d'eau souterraine en nappe libre est scindée en deux sous-zones :

- la zone de prévention rapprochée (zone IIa) : zone comprise entre le périmètre de la zone I et une ligne située à une distance de l'ouvrage de prise d'eau correspondant à un temps de transfert de l'eau souterraine jusqu'à l'ouvrage égal à 24 heures dans le sol saturé.

A défaut de données suffisantes permettant de définir la zone IIa selon le critère des temps de transfert, la législation suggère de délimiter la zone IIa par une ligne située à une distance horizontale minimale de 35 mètres à partir des installations de surface, dans le cas d'un puits, et par deux lignes situées à 25 mètres au minimum

⁶ 12 février 2009 - Arrêté du Gouvernement wallon modifiant le Livre II du Code de l'Environnement constituant le Code de l'Eau en ce qui concerne les prises d'eau souterraine, les zones de prise d'eau, de prévention et de surveillance (M.B. 27.04.2009), Articles R. 154 à R. 158.

de part et d'autre de la projection en surface de l'axe longitudinal dans le cas d'une galerie. En milieu karstique, tous les points préférentiels de pénétration (doline et pertes) dont la liaison avec le captage est établie sont classés en zone IIa.

- la zone de prévention éloignée (zone IIb) : zone comprise entre le périmètre extérieur de la zone IIa et le périmètre extérieur de la zone d'appel de la prise d'eau. Le périmètre extérieur de la zone d'appel de la zone IIb ne peut être situé à une distance de l'ouvrage supérieure à celle correspondant à un temps de transfert de l'eau souterraine jusqu'à l'ouvrage de prise d'eau égal à 50 jours dans le sol saturé.

A défaut de données suffisantes permettant la délimitation de la zone IIb suivant les principes définis ci-avant, le périmètre de cette zone est distant du périmètre extérieur de la zone IIa de :

- 100 mètres pour les formations aquifères sableuses ;
- 500 mètres pour les formations aquifères graveleuses ;
- 1000 mètres pour les formations aquifères fissurées ou karstiques.

Zone de surveillance ou zone III

Une zone de surveillance peut être déterminée pour toute prise d'eau. Cette zone englobe l'entièreté du bassin hydrographique et du bassin hydrogéologique situés à l'amont du point de captage.

Les limites de ces zones peuvent coïncider avec des repères ou des limites topographiques naturelles ou artificielles, rendant leur identification sur le terrain plus aisée.

VIII.2. MESURES DE PROTECTION

Diverses mesures de protection ont été définies par les autorités compétentes pour les différentes zones. Ces mesures concernent notamment l'utilisation et le stockage de produits dangereux, d'engrais ou de pesticides, les puits perdus, les nouveaux cimetières, les parkings,... Elles visent à réduire au maximum les risques de contamination de la nappe. Toutes ces mesures sont décrites aux articles R.162 à R.170 de l'Arrêté du Gouvernement Wallon du 12 février 2009.

La Société publique de Gestion de l'Eau⁷ assure la gestion financière des dossiers concernant la protection des eaux potabilisables distribuées par réseaux, par le biais de contrats de service passés avec les producteurs d'eau. Pour financer les recherches relatives à la délimitation des zones de prévention et indemniser tout particulier ou toute

⁷ SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999

société dont les biens doivent être mis en conformité avec la législation, une redevance de 0,107 € est prélevée sur chaque m³ fourni par les sociétés de distribution d'eau.

La DGARNE met à la disposition du public un site Internet où sont exposées les différentes étapes nécessaires à la détermination des zones de prévention et de surveillance en Région wallonne (<http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas>).

Un autre site a également été développé, permettant grâce à une recherche rapide par commune ou par producteur d'eau, de visualiser, soit la carte et le texte des zones officiellement désignées par arrêté ministériel, soit la carte de chaque zone actuellement soumise à l'enquête publique (http://environnement.wallonie.be/zones_prevention/).

VIII.3. ZONES DE PRÉVENTION REPRISES SUR LA CARTE

A ce jour, aucune zone de prévention arrêtée ni proposée n'existe sur la carte Villers-devant-Orval et le seul captage public est à présent suspendu.

Cependant, une zone de prévention rapprochée (IIa) et une zone de prévention éloignée (IIb) ont été proposées autour du captage « Source Mathilde » exploité par l'Abbaye d'Orval (code de cette zone de prévention au SPW : ASBL-NOTREDAME-ORVAL). L'étude hydrogéologique et la délimitation des zones ont été réalisées par Hanson (1992), mais les zones ne sont pas encore au stade de proposition et il est possible que le tracé soit modifié notamment vers le Nord.

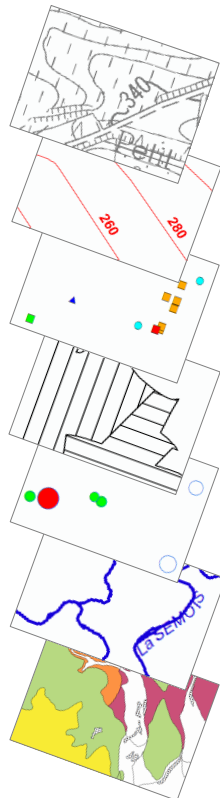
IX. MÉTHODOLOGIE DE L'ÉLABORATION DE LA CARTE HYDROGÉOLOGIQUE

La réalisation de la carte hydrogéologique de la Wallonie est basée essentiellement sur un travail de synthèse des données existantes provenant de sources multiples et variées (Figure IX-1). Ces données sont en outre complétées par des campagnes de mesures et de recherches d'information sur le terrain. Les informations récoltées sont ensuite stockées dans une banque de données géorelationnelle "BDHYDRO" qui servira pour la réalisation de la carte hydrogéologique mais aussi pour d'autres utilités.

Dans le projet cartographique, développé sous ArcGIS-ESRI, toutes les données sont structurées dans une "Geodatabase" propre à la carte hydrogéologique. Les couches d'informations (layers) qui composent cette base de données sont élaborées de différentes manières.

Type d'information

Ouvrages
Localisation
Type
Équipement ...
Exploitation
Autorisation
Exploitants
Usage
Volumes
Piézométrie
Hydrochimie
Tests
Diagraphie
Pompage
Traçage
Zones de prévention
Géologie
Géophysique
Hydrographie
Stations
Limnimétrie
Climatique
Phénomènes karstiques
Topographie
Pédologie
Autres



Sources d'information

Région wallonne
Service Géologique de Belgique
Sociétés de distribution publique d'eau
Services communaux
Associations intercommunales
Institut Géographique National
Institut Royal de Météorologie
Universités
Bureaux d'études en environnement
Sociétés de forage
Sociétés d'embouteillage d'eau
Carriers
Industries
Particuliers
Campagnes de terrains
Autres

Figure IX-1. Liste non exhaustive des différents types d'information et des sources de données utilisées dans la réalisation de la carte hydrogéologique

IX.1. COLLECTE DE DONNÉES

La première étape de la réalisation de la carte hydrogéologique est la collecte de données auprès de diverses sources. Les principales sources d'informations qui ont servi à la réalisation de la carte hydrogéologique de Villers-devant-Orval sont :

- la base de données des captages d'eau souterraine, Dix-sous du SPW qui fournit des informations, telles que les localisations géographiques, les types d'ouvrages, les propriétaires, les exploitants, les volumes captés, les mesures piézométriques, etc., sur les ouvrages répertoriés à la Division Eau ;
- la base de données des analyses physico-chimiques des captages d'eau souterraine, Calypso du SPW – DGO3 qui renseigne sur l'aspect qualitatif des eaux ;
- la Division Eau du SPW - Section de Marche-en-Famenne, où sont regroupées bon nombre d'informations relatives aux prises d'eau recensées en province de Luxembourg ;
- les archives géologiques et hydrogéologiques du Service géologique de Belgique (SGB), entre autres les descriptions de sondages de l'autoroute, des forages de reconnaissance et des essais de pompage ;
- la DGARNE du SPW qui a fourni les données de la trame commune (réseau hydrographique, limites des bassins versants, agglomérations ...) ;
- l'administration communale de Florenville ;
- les fonds IGN au 1/10 000 (ancien découpage) de l'Institut Géographique National (IGN) fournis sous licence SPW ;
- Le Département des Sciences et Gestion de l'Environnement de l'Université de Liège (Ex FUL) qui dispose de données hydrogéologiques dans la région ;
- autres (particuliers entre autres).

IX.1.1. Données géologiques

La carte géologique qui a servi de base pour la réalisation de la carte hydrogéologique a été levée par Ghysel et Belanger (2006).

Au Service géologique de Belgique, il existe au moins 6 puits pour lesquels une description géologique est disponible pour la carte Villers-devant-Orval. Les descriptions des sondages les plus importants tels que « La Soye, SGB-221E0001 », « Le Bati-Les Aisances du Chemin SGB-221E0088 » et « Villers-devant-Orval, SGB-221E0088 » ont été publiés (Devleeschouwer et Boulvain, 1997 ; Boulvain *et al.*, 1996).

IX.1.2. Données hydrogéologiques

IX.1.2.1. Localisation des ouvrages et sources

Dans la BDHYDRO, 23 ouvrages sont recensés en 2013 sur la carte Villers-devant-Orval (10 puits, 8 piézomètres, 4 sources et 1 drain). La localisation respective de tous ces ouvrages a été vérifiée sur le terrain et reportée sur la carte principale en distinguant le type de chaque ouvrage.

IX.1.2.2. Données piézométriques

Une grande partie des données piézométriques a été communiquée par le SPW. Ces données ont été complétées par des mesures prises sur le terrain. Une campagne piézométrique pendant la période des hautes eaux en juillet 2003, et une autre pendant la période des basses eaux en novembre 2003, ont été réalisées dans le cadre de l'établissement de la carte hydrogéologique. Sur l'ensemble de la carte, on a recensé 12 points de mesures piézométriques pour lesquels 215 enregistrements depuis 1986 jusqu'à fin 2007 sont encodés dans la base de données hydrogéologiques. Parmi ces points :

- 2 recoupent la nappe d'Orval avec 2 mesures disponibles;
- 4 points de mesure disponibles sollicitent l'aquifère des grès calcaires de Florenville avec 206 mesures enregistrées ;
- 2 piézomètres (la Soye et Villers-devant-Orval) atteignent les nappes contenues dans les formations triasiques avec pour chacun une mesure indicative du niveau de la nappe sollicitée.

IX.1.3. Données hydrochimiques

La plupart des données chimiques et bactériologiques proviennent de la base de données de Calypso du SPW. Les analyses ont été effectuées au Laboratoire des Ressources Hydriques (LRH) de l'Ex-FUL.

Sur la carte Villers-devant-Orval, il existe 4 ouvrages pour lesquels des données chimiques sont disponibles. Parmi ces ouvrages :

- Le piézomètre artésien de la Soye pour l'aquifère de Mortinsart avec 12 analyses ;
- le piézomètre « Villers-devant-Orval », le piézomètre « le Bati-les Aisances du Chemin » et la source « Fontaine Mathilde » pour l'aquifère de Florenville avec 281 analyses, et 1 autre caractérise la qualité chimique et bactériologique de l'aquifère de Florenville avec, pour la plupart de ces données, un historique significatif ;
- le « Puits Ferme les Linettes à Limes » pour l'aquifère d'Orval avec 22 analyses.

IX.2. CAMPAGNE SUR LE TERRAIN

Deux campagnes piézométriques ont été menées ; la première durant la période des hautes eaux en juillet 2003 et la seconde pendant la période de basses eaux en novembre de la même année. Ces campagnes de terrain ont permis également de vérifier, compléter et parfois corriger les données collectées (localisation précise des ouvrages, vérification du type d'ouvrage, etc.). En effet, les données reçues des administrations sont généralement d'ordre réglementaire (numéro d'exploitation, code du titulaire), avec peu d'informations techniques. Ceci s'applique principalement aux puits des particuliers.

IX.3. MÉTHODOLOGIE DE CONSTRUCTION DE LA CARTE

IX.3.1. Encodage dans une banque de données

Les données collectées ou produites sur le terrain peuvent être complexes et plus ou moins abondantes. L'exploitation de telles données nécessite une organisation structurée de manière à optimiser leur stockage, leur gestion et leur mise à jour. Ainsi une banque de données hydrogéologiques géorelationnelles a été développée sous Access (Microsoft) (Gogu, 2000 et Gogu *et al.*, 2001). Cette première version de la banque de données *BDHYDRO* a été améliorée pour mieux répondre aux besoins de la carte hydrogéologique (Wojda *et al.*, 2005).

Dans un souci d'homogénéité entre les équipes et d'autres institutions (dont l'administration wallonne, D.G.A.R.N.E.), la banque de données a été révisée. Le but est de créer un outil de travail commun et performant, répondant aux besoins des spécialistes impliqués dans la gestion des eaux souterraines. Les données hydrogéologiques dispersées géographiquement sont actuellement disponibles dans une seule base de données centralisée sous Oracle[®].

Par ailleurs, le travail cartographique proprement dit a été précédé par le développement d'une « GeoDataBase » dans Arc-GIS-ESRI[®] (GDB). Cette base de données a été structurée pour répondre au schéma de la version papier du poster sous format A0. Ainsi l'ensemble des couches d'informations qui composent le projet de la carte hydrogéologique est stocké selon un modèle unique. Les buts sont multiples :

- Tout d'abord ceci permet d'assurer l'uniformité de la structure des données dans les différentes tables attribuées respectivement à chaque couche pour toutes les cartes. Sachant que la réalisation de celles-ci est assurée par quatre équipes hydrogéologiques différentes, ce souci d'uniformisation est légitime,
- La présentation continue entre des cartes voisines peut nécessiter des requêtes ou des fusions des couches équivalentes. Cette opération n'est possible que si les

couches concernées ont une même structure. Ce type de présentation est intéressant dans le cas des zones situées sur plusieurs cartes telles que les communes, les zones de prévention, les bassins hydrographiques, etc.

- La diffusion interactive de la carte hydrogéologique sur Internet est réalisée grâce à une application Web Gis qui ne peut fonctionner correctement que si les données sont homogènes.

IX.3.2. Construction de la carte hydrogéologique

Les couches d'information qui composent une carte hydrogéologique sont intégrées au projet cartographique de différentes manières :

1. Les données reçues sous forme de couches numérisées (fichier vecteur) sont extraites pour chaque carte, ensuite stockées dans la GDB et enfin projetées sur la carte. C'est le cas de la trame commune. Celle-ci comporte des données hydrographiques (réseau hydrographique, berges, bassins versants et lacs), d'infrastructures (réseau routier et autoroutier) et administratives (localisation des agglomérations, etc.).
2. Les informations reçues sous forme d'image sont soit des documents papier, soit des images numériques (raster) non géo-référencées soit des images raster géo-référencées. Les premières seront scannées puis géo-référencées et les secondes seront géo-référencées.

Jusqu'à présent, les *fonds IGN* sont reçus sous forme d'images raster géo-référencées qui sont simplement importées dans le projet cartographique et représentées sur la carte principale 1 : 25.000. Pour des raisons de lisibilité, c'est l'ancien fond topographique qui est utilisé pour la carte Villers-devant-Orval.

Le fond géologique vectorisé servira de base pour la réalisation de la couche des *unités hydrogéologiques* et de la couche de la *couverture des nappes*. C'est la carte géologique de Florenville – Izel – Villers-devant-Orval (Ghysel et Belanger, 2006) qui est adoptée pour réaliser la carte hydrogéologique Villers-devant-Orval.

- Sur la carte des unités hydrogéologiques figurent les unités à l'affleurement. Une bonne compréhension de cette carte doit tenir compte de la coupe hydrogéologique ainsi que du tableau de correspondance entre les formations géologiques et les unités hydrogéologiques. L'ensemble des unités hydrogéologiques, définies en Wallonie dans le cadre du projet carte des eaux souterraines, est inventorié dans un tableau récapitulatif avec le nom et la couleur respectifs de chaque unité ;
- Le type de couverture d'une nappe est déterminé sur base de la lithologie des formations géologiques qui affleurent sur la carte géologique. Dans le cas de la carte

Villers-devant-Orval, où plusieurs aquifères se superposent c'est la couverture de la nappe principale (aquifère de Florenville) qui est considérée. L'aquifère de Florenville se trouve en grande partie à l'affleurement sinon il est sous une couverture semi-perméable constituée par les membres d'Arlon qui sont imperméables mais discontinus.

3. Les données ponctuelles, encodées dans la BDHYDRO (base de données hydrogéologiques), sont structurées dans différentes requêtes. Celles-ci sont créées sur base du numéro de la carte et sur d'autres critères selon le type d'information. Chaque requête sera ensuite chargée dans la couche appropriée de la GDB et projetée sur la carte correspondante.

On retrouve dans cette catégorie, les points hydrogéologiques, les points nappes, les cotes piézométriques ponctuelles, les mesures (chimie, pompage, etc.), les volumes prélevés, les stations (limnimétriques), etc.

4. D'autres couches d'informations géographiques sont créées dans le projet cartographique par interpolation ou extrapolation de données. C'est le cas des isopièzes et des isohypses.
 - Quand les données sont suffisantes et géographiquement bien réparties, les isopièzes sont tracées par interpolation des cotes piézométriques mesurées, des cotes altimétriques des sources et des niveaux des cours d'eau. Il faut s'assurer que les cotes piézométriques considérées appartiennent à la même nappe, en examinant la profondeur de l'ouvrage et son équipement (niveaux des crépines). Les sources et les niveaux des cours d'eau doivent aussi être en continuité hydraulique avec la nappe étudiée. Si par contre, les cotes piézométriques sont insuffisantes (c'est le cas de toutes les nappes sauf la nappe de Florenville) il est très difficile de tracer des isopièzes. Dans ce cas, seules des cotes ponctuelles sont présentées sur la carte avec la mention de la date de mesure.
 - Quand les données sont suffisantes et géographiquement bien réparties, les isohypses sont tracées par interpolation des cotes ponctuelles de la base ou du sommet d'un aquifère d'après les données de forage. Ces données sont complétées par les cotes altimétriques des contacts à l'affleurement de cet aquifère avec les unités hydrogéologiques voisines. Son contact avec l'unité sous-jacente détermine sa base, alors que son contact avec l'unité sus-jacente détermine son sommet. Si les unités hydrogéologiques ont une structure tabulaire, les isohypses peuvent être assez facilement extrapolées comme pour la nappe de Florenville.

- Le caractère hydraulique des nappes peut être déterminé par le croisement des isopièzes et des isohypses du même aquifère. Il faut cependant souligner que le battement de la nappe peut être significativement important et que les limites de la nappe captive peuvent varier saisonnièrement.

X. BIBLIOGRAPHIE

- Bouezmarni M., Denne P., Debbaut V.** (2007). Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchettes Florenville - Izel n° 67/7-8. Edition : Service public de Wallonie, DGO3 (DGARNE), Belgique, Dépôt légal D/2007/12.796/3 - ISBN 978-2-8056-0056-2.
- Bouezmarni M., Denne P., Debbaut V.** (2009). Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchettes Meix-Devant-Virton - Virton n° 71/1-2. Edition : Service public de Wallonie, DGO3 (DGARNE), Belgique, Dépôt légal D/2009/12.796/2 - ISBN 978-2-8056-0064-7.
- Boulvain F., Belanger I., Delsate D., Dosquet D., Ghysel P., Godefroit P., Laloux M., Monteyne R. & Roche M.**, 2001. Triassic and jurassic lithostratigraphic units (Belgian Lorraine). *Geologica Belgica*, 4 (1-2), 113-119.
- Boulvain F., Belanger I., Delsate D., Dosquet D., Ghysel P., Godefroit P., Laloux M., Roche M., & Thorez J.**, 2000. New lithostratigraphical, sedimentological, mineralogical and palaeontological data on the Mesozoic of Belgian Lorraine: a progress report. *Geologica Belgica*, 3 (1-2), 3-33.
- Boulvain F., Delsate D., Gulinck M., Herman J., Laga P., Maubeuge P.L et Vandeven G.**, 1996. Description lithostratigraphique et petrographique du sondage 221E87 de Villers-devant-Orval (Trias, Lias de la Gaume, Belgique). Prof. Paper 1996/2 – N.281. Service Géologique de Belgique.
- Boulvain, F. et Pingot, J.L.**, 2012. Une introduction à la Géologie de la Wallonie. <http://www.ulg.ac.be/geolsed/geolwal/geolwal.htm>, visité en mars 2012.
- Debbaut, V. et Vander Borght, P.**, 1988. Etude des ressources en eau souterraine du sud de la province de Luxembourg, contrat R.W-F.U.L. 8321735, rapport final, pp. 248.
- Devleeschouwer X. & Boulvain, F.**, 1997. Service Géologique de Belgique, Internal Report N° 2, 1997. Inventaire systématique des sondages. Planchettes 214W à 226E (Lorraine Belge).
- Ghysel P. et Belanger I.**, 2006. Carte géologique de Wallonie, Florenville - Izel et Villers - devant - Orval 67/7-8 et 70/4. Notice explicative 61 pp.
- Ghysel, P., Monteyne, R., Laloux, M., Boulvain, F. & Delsate, D.**, 2002. *Carte géologique de Wallonie, Etalle-Tintigny 68/5-6*. Notice explicative 41 pp.
- Gogu R.C., Carabin G., Hallet V., Peters V. & Dassargues A.**, 2001. GIS-based hydrogeological database and groundwater modelling. *Hydrogeology Journal* 9 : 555-569

Gogu, R.C., 2000, Advances in groundwater protection strategy using vulnerability mapping and hydrogeological GIS databases. Thèse de doctorat, LGIH, Fac. Sciences Appliquées, Université de Liège, non publié.

Hanson, A., 1992. Rapport technique sur le type et la nature de la nappe aquifère de l'Abbaye d'Orval, FUL, Arlon, 7pp.

Masson, B., Debbaut, V., Tomasi, B. & Vander Borght, P., 1993. Etude de l'aquifère sinémurien du Pays lorrain, rapport pour la Région wallonne, 256 pp.

Paepe R., Souchez R., Peeters G. et Kugler M., 1970. Le barrage de travertin de la vallée du Williers. Prof. Paper Service Géologique de Belgique n°1.

Pfankuch, H-O., 1990. Elsevier's Dictionary of Environmental Hydrogeology, Elsevier.

Service géologique de Belgique, 1987. Section hydrogéologie-géothermie, rapport SGB 186 Hydro 87

Unesco – OMM, 1992. *Glossaire International d'Hydrologie*.

Wojda, P., Dachy, M., Popescu, I.C., Ruthy, I. & Gardin, N., Brouyère, S & Dassargues, A. 2005 : Appui à la conception de la structure, à l'interfaçage et à l'enrichissement de la base de données hydrogéologiques de la Région wallonne, Convention subsidiée par le Service public de Wallonie, DGARNE – Université de Liège.

X.1. GLOSSAIRE DES ABRÉVIATIONS

ArGENCO	Université de Liège, Département ArGENCO, GEO-Hydrogeology, Bâtiment B52/3, niveau -1, Sart-Tilman, B-4000 Liège Belgique
DGARNE	Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3) : Direction des eaux souterraines et Direction de la Coordination des données Avenue Prince de Liège 15 - B-5100 Jambes, Belgique
FUL	Fondation universitaire luxembourgeoise, actuellement « Département des sciences et gestion de l'environnement de l'Université de Liège (ULg) ». Av. de Longwy, 185 à 6700 Arlon.
IGN	Institut Géographique National Abbaye de la Cambre 13 à 1000 Bruxelles
SPW	Service Public de Wallonie
DGO3	Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement
SGB	Service géologique de Belgique. Rue Jenner 13 à 1000 Bruxelles
GDB	Geodatabase (base de données géographique)
ULg	Université de Liège Place du 20-Août, 7 à 4000 Liège
SPGE	Société Publique de Gestion de l'Eau 41, Rue de la Concorde à 4800 Verviers

X.2. LISTE DES FIGURES

Figure I-1 . Localisation de la carte de Villers-devant-Orval 70/3-4.....	10
Figure II-1. Schéma du cadre géomorphologique et géologique général de la carte Villers-devant-Orval en Lorraine belge (Modifié d'après Masson <i>et al.</i> , 1993)	12
Figure II-2. Carte hydrographique Villers-devant-Orval.....	13
Figure III-1 : Carte géologique simplifiée de la Lorraine belge avec encadrement de la carte Villers-devant-Orval (Boulvain et Pingot, 2012).	15
Figure III-2 : Schéma lithostratigraphique général de la Lorraine belge (Boulvain <i>et al.</i> , 2000)	16
Figure III-3. Log stratigraphique du sondage Villers-devant-Orval (Boulvain <i>et al.</i> , 1996, modifié).....	18
Figure III-4. Colonne stratigraphique de la carte géologique de Florenville – Izel – Villers-devant-Orval (Ghysel et Belanger, 2006).....	19
Figure IV-1. Evolution des niveaux piézométriques de l'aquifère des grès calcaires de Florenville au piézomètre Villers-devant-Orval.	34
Figure VI-1. Evolution de l'exploitation de l'aquifère de Florenville sur la carte Villers-devant-Orval	41
Figure IX-1. Liste non exhaustive des différents types d'information et des sources de données utilisées dans la réalisation de la carte hydrogéologique.....	46

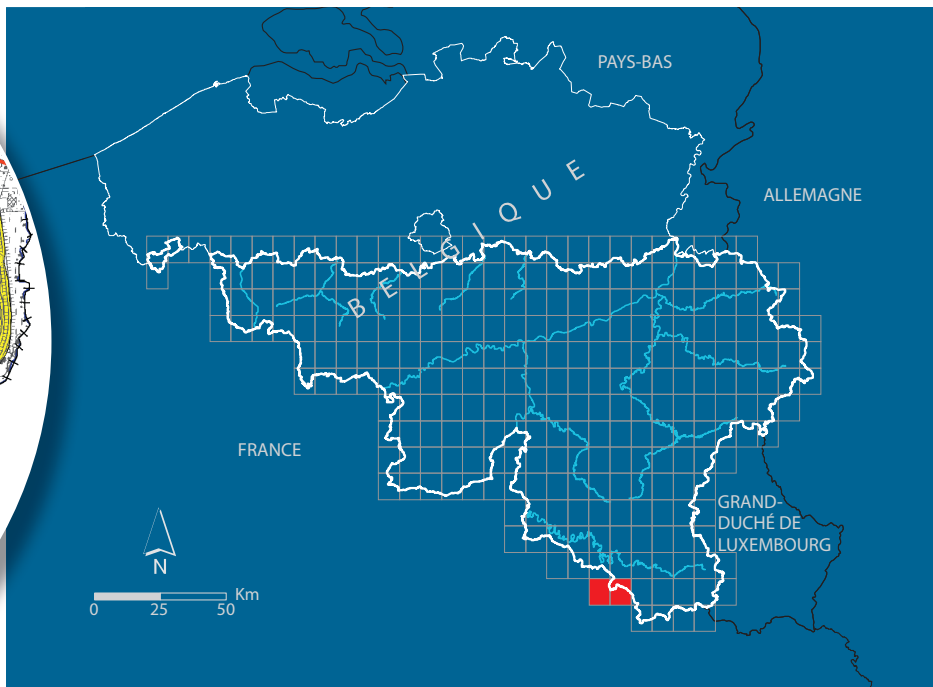
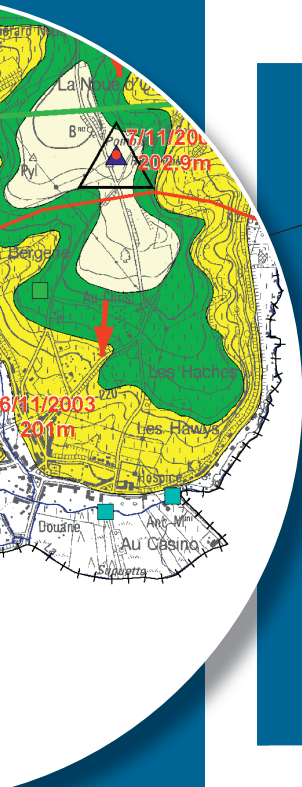
X.3. LISTE DES TABLEAUX

Tableau IV-1. Tableau de correspondance géologie-hydrogéologie sur la carte Villers-devant-Orval 70/3-4.....	27
Tableau IV-2. Coefficients de tarissement (Masson <i>et al.</i> , 1993, modifié)	31
Tableau IV-3. Coefficients de tarissement (Masson <i>et al.</i> , 1993, modifié)	32
Tableau V-1. Composition chimique indicative de la qualité des eaux de la nappe d'Habay au piézomètre « Villers-devant-Orval » (248 m de profondeur).	36
Tableau V-2. Composition chimique indicative de la qualité des eaux de la nappe de Mortinsart au piézomètre de la « Soye » (141 m de profondeur).....	37
Tableau V-3. Composition chimique indicative de la qualité des eaux de la nappe de Florenville à la « Fontaine Mathilde » (source).....	38
Tableau V-4. Composition chimique indicative de la qualité des eaux de la nappe d'Orval au « Puits Ferme les Linettes à Limes »	39

X.4. COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITÉS DANS LA NOTICE

Nom	Type d'ouvrage	Aquifère	Profondeur, m	X, m	Y, m
PUITS FERME LES LINETTES A LIMES	Puits	Orval	18	224850	33664
VILLERS DEVANT ORVAL T.PIEZO	Piézomètre	Florenville	67	218500	35710
VILLERS DEVANT ORVAL		Habay	248	218500	35710
LE BATI-LES AISANCES DU CHEMIN		Florenville	84	219827	35767
PUITS ARTESIEN DE LA SOYE		Mortinsart	141	226014	36219
FONTAINE MATHILDE	Source	Florenville		220734	37000
L6220_Station de Villers-devant-Orval	Limnimètre			219790	34463
Station La Marche				220034	34518
Station La Mouline				220569	36281
Station Williers				220525	36322

Coordonnées Lambert belge 1972



SPW | Éditions, CARTES

Dépôt légal : D/2013/12.796/1 – ISBN : 978-2-8056-0123-1

Editeur responsable : José RENARD, DGO 3,
15, Avenue Prince de Liège – 5100 Jambes (Namur) Belgique

N° Vert du SPW : 0800 11 901 - www.wallonie.be