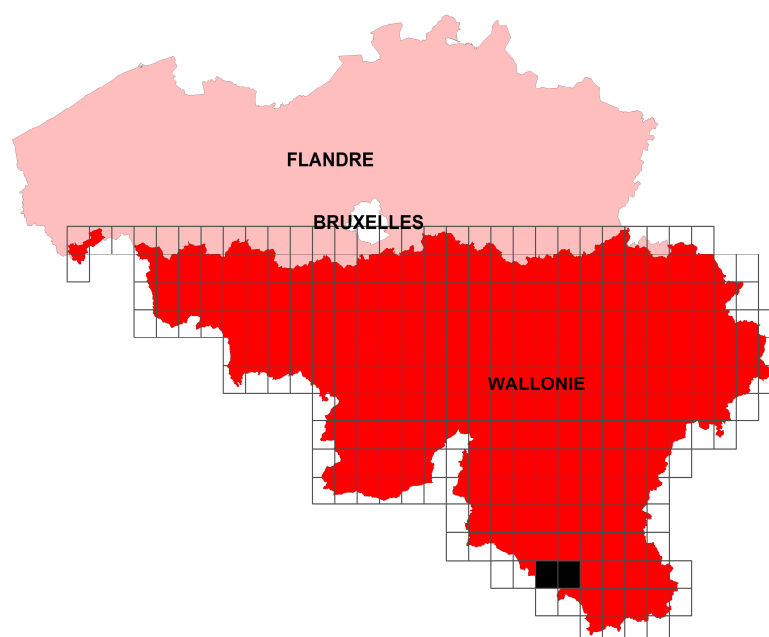


CARTE HYDROGEOLOGIQUE DE WALLONIE

NOTICE EXPLICATIVE

Florenville-Izel **67/7-8**





RÉGION WALLONNE

Ministère de la Région Wallonne
Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement
Direction des Eaux souterraines
Avenue Prince de Liège, 15
5100 Namur - Belgique

CARTE HYDROGEOLOGIQUE DE FLORENVILLE-IZEL 67/7-8

REVISION 02 – OCTOBRE 2007



Chef de projet : VINCENT DEBBAUT
Chercheur : MOHAMED BOUEZMARNI ET PIERRE DENNE
Université de Liège - Campus d'Arlon
Département des Sciences et Gestion de l'Environnement
Avenue de Longwy, 185
6700 Arlon - Belgique

AVANT-PROPOS	6
1. INTRODUCTION.....	7
2. CADRE GEOGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE.....	9
3. CADRE GEOLOGIQUE	11
3.1. CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL	11
Domaine hercynien.....	11
➤ Dévonien inférieur.....	13
Domaine méso-cénozoïque.....	14
3.2. GEOLOGIE DE LA PLANCHE DE FLORENVILLE-IZEL.....	17
3.2.1. <i>Cadre lithostratigraphique</i>	17
Formation de Mondrepuis (MON).....	19
Formation d'Oignies (OIG).....	19
Formation de Mirwart (MIR).....	19
Formation d'Habay (HAB).....	19
Formation de Mortinsart (MOR).....	20
Formation de Jamoigne (JAM)	20
Formation de Luxembourg (LUX)	20
Formation d'Arlon (ARL)	20
Alluvions anciennes (ALA).....	21
Alluvions modernes (AMO).....	21
3.2.2. <i>Cadre structural</i>	22
Socle paléozoïque	22
➤ Les plis	22
➤ Les schistosités.....	22
➤ Les failles.....	23
Couverture mésozoïque	23
4. CADRE HYDROGEOLOGIQUE.....	24
4.1. CADRE HYDROGEOLOGIQUE REGIONAL	24
4.2. HYDROGEOLOGIE LOCALE.....	26
4.2.1. <i>Description des principaux aquifères</i>	26
4.2.2. <i>Phénomènes particuliers : La karstification des grès calcaires de Luxembourg</i>	29
4.2.3. <i>La piézométrie</i>	30
5. CADRE HYDROCHIMIQUE	32
5.1. CARACTERISATIONS HYDROCHIMIQUES DES EAUX	32
5.2. CARACTERISATIONS HYDROCHIMIQUES DES EAUX DE LA NAPPE DE FLORENVILLE	32
6. EXPLOITATION DES AQUIFERES	35
7. CARACTERISATION DE LA COUVERTURE ET PARAMETRES HYDRAULIQUES DES NAPPES.....	37
7.1. CARACTERISATION DE LA COUVERTURE DES NAPPES.....	37
7.2. PARAMETRES D'ECOULEMENT ET DE TRANSPORT DE LA NAPPE DE FLORENVILLE.....	37
8. ZONE DE PREVENTION	39
8.1. GENERALITES	39
8.2. ZONE DE PREVENTION REPRISE SUR LA CARTE	40
9. PRESENTATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE.....	42

9.1. CARTE PRINCIPALE (1/25.000)	42
9.2. CARTES THEMATIQUES (1/50.000)	43
9.2.1. Carte des informations complémentaires et des caractères de couverture des nappes.....	43
9.2.2. Carte des volumes prélevés.....	44
9.2.3. Carte des isohypses de la base de l'aquifère de Florenville.....	44
8.2. COUPE HYDROGEOLOGIQUE	45
8.3. TABLEAU DE CORRESPONDANCE : GEOLOGIE - HYDROGEOLOGIE	45
9. METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE.....	46
9.1. COLLECTE DE DONNEES	47
9.1.1. Données géologiques	47
9.1.2. Données hydrogéologiques	47
9.1.3. Données hydrochimiques.....	48
9.2. CAMPAGNE SUR LE TERRAIN	48
9.3. METHODOLOGIE DE CONSTRUCTION DE LA CARTE	48
9.3.1. Encodage dans une banque de données	48
9.1.1. Construction de la carte hydrogéologique	49
11. BIBLIOGRAPHIE	53
ANNEXE 1	55
LISTE DES ABREVIATIONS	55
ANNEXE 2	56
CARTE DE LOCALISATION.....	56

Avant-propos

La carte hydrogéologique de Florenville-Izel 67/7-8 a été réalisée dans le cadre du projet de la carte hydrogéologique de Wallonie, commandé et financé par le Ministère de la Région wallonne (Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement). Quatre équipes universitaires collaborent à ce projet : la Faculté Polytechnique de Mons, les Départements ArGEnCO et Sciences et Gestion de l'Environnement (ex Fondation Universitaire Luxembourgeoise) de l'Université de Liège et les Facultés Universitaires de Namur.

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 par M. Bouezmarni. Les concepts généraux de la banque de données "*BDHydro*" ont été élaborés dans un premier temps par R. Gogu (ingénieur civil) dans le cadre de sa thèse de doctorat effectuée à l'Université de Liège (Gogu, 2000 / Gogu et al. 2001). La conception de la BDHydro a été profondément modifiée par P. Wojda (P. Wojda et al. inédit) pour aboutir à une seule banque de données centralisée régulièrement mise à jour.

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

Par un choix délibéré, la carte veut éviter toute superposition outrancière d'informations conduisant à réduire sa lisibilité. Dans ce but, outre la carte principale, trois cartes thématiques, une coupe hydrogéologique et un tableau de correspondance entre les formations géologiques et les unités hydrogéologiques sont présentés. Le projet cartographique a été réalisé sous ArcGIS-ESRI.

Les données utilisées pour la réalisation de la carte ont été encodées dans une banque de données sous format Access-Microsoft qui a été remise au Service des Eaux Souterraines¹ du Ministère de la Région wallonne.

La carte hydrogéologique de Florenville - Izel 67/7-8 est publiée sur le site Internet <http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartehydrogeo/>

Remerciements

Monsieur P. Ghysel du S.G.B, Prof. F. Boulvain de l'ULg et Monsieur M. Closset de la S.W.D.E. ont eu l'amabilité de consacrer leur temps pour la relecture de la notice et du poster de la carte.

Monsieur George Arnould et Monsieur Alexandre Dekeyser de L'entreprise de forage Arnould ont eu l'amabilité de transmettre de nombreuses notes de forage.

Que tous soient remerciés.

¹ Ministère de la Région wallonne. Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement. Avenue Prince de Liège, 15. 5100 NAMUR.

1. Introduction

La planche de Florenville - Izel couvre une zone frontalière, située en Gaume, dans la province de Luxembourg, au sud-est de la Belgique, (figure 1.1). Elle est à cheval sur l'Ardenne et la Lorraine belge.

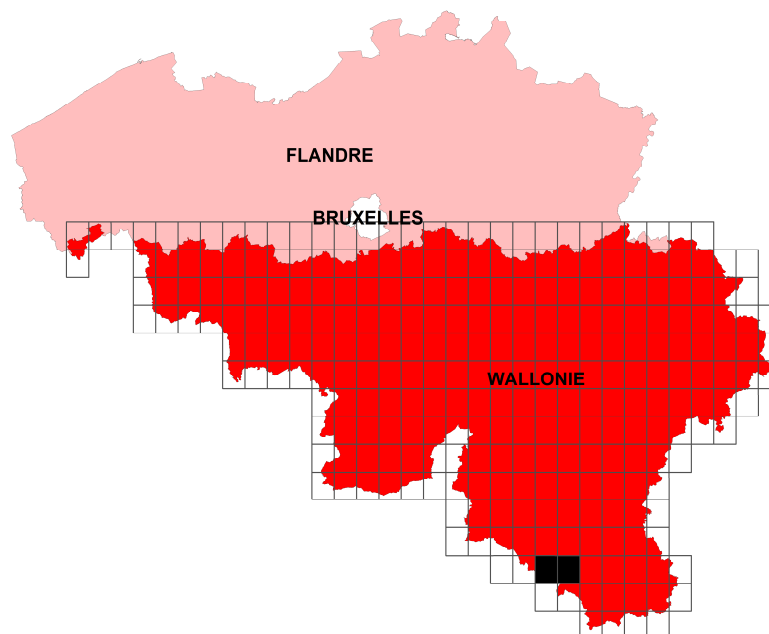


Figure 1.1 : Localisation de la carte de Florenville - Izel

Les caractéristiques géologiques sont très contrastées entre la partie ardennaise au nord et la partie lorraine au sud. Ce contraste se marque également au niveau géomorphologique, hydrographique et hydrogéologique.

La géologie de la partie ardennaise est constituée essentiellement de schistes et de phyllades à passages quartzitiques, d'âge paléozoïque. Ces terrains ont été très plissés et accidentés pendant l'orogénèse hercynienne. La nature lithologique ne permet de distinguer que des nappes à capacité limitée, contenues dans des intercalations quartzitiques et/ou gréseuses au sein d'une masse schisteuse et/ou phylladeuse. On ne peut donc pas parler d'unité aquifère, même si des potentiels hydrogéologiques intéressants peuvent être localement présents. Selon la fréquence et l'épaisseur des bancs quartzitiques et l'importance de la fissuration, les formations géologiques seront donc groupées en aquicludes ou aquicludes à niveaux aquifères.

La partie lorraine est formée par une couverture mésozoïque, caractérisée par une alternance de couches compétentes sablo-gréseuse et de couches incompétentes principalement marneuses. Les couches sont relativement tabulaires et légèrement inclinées vers le SSO. De point de vue hydrogéologique, il y a une superposition d'unités aquifères logées dans les couches perméables séparées par des aquicludes marneux. Les nappes les plus importantes sont contenues en deux niveaux distincts dans la Formation de Luxembourg. Le niveau supérieur constitue l'aquifère de Florenville et le niveau inférieur forme l'aquifère de la Chevratte.

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 du domaine hercynien (le Dévonien inférieur en particulier) et du domaine mésozoïque. Ensuite, la description lithologique, la zone d'affleurement et l'épaisseur de chaque unité stratigraphique seront systématiquement présentées à l'échelle de la planche. Enfin, un cadre structural régional et local sera dressé.

Comme pour la géologie, l'hydrogéologie sera d'abord traitée à l'échelle régionale pour montrer les contextes hydrogéologiques respectifs en Lorraine et en Ardenne qui sont très différents. Les unités hydrogéologiques seront définies principalement sur base des descriptions lithologiques de la carte géologique de Florenville - Izel et Villers - devant - Orval (Ghysel et Belanger 2006).

D'autres aspects comme l'hydrochimie, l'exploitation des nappes et les paramètres d'écoulement seront également présentés dans ce livret.

La notice explicative finit par exposer la méthodologie suivie pour l'élaboration du projet ainsi qu'une présentation sommaire du poster de la carte hydrogéologique.

Une liste des abréviations ainsi qu'une carte de localisation des différents points cités dans le livret explicatifs sont présentées en annexe.

2. Cadre géographique, géomorphologique et hydrographique

La carte hydrogéologique de Florenville-Izel couvre une zone frontalière située dans le sud de la province de Luxembourg. Elle est à cheval sur le socle paléozoïque de l'Ardenne au nord et les terrains mésozoïques de la Lorraine belge au sud (figure 2.1). La partie sud-ouest de la carte se trouve sur le territoire français.

Le paysage général est marqué par le cours de la Semois et par la cuesta sinémurienne. La Semois dessine en effet un relief très contrasté entre la partie lorraine et la partie ardennaise. D'une part, de larges méandres peu profonds avec de vastes plaines alluviales se développant sur la Formation marneuse de Jamoigne. D'autre part, des méandres nettement plus étroits et plus profonds entaillant les formations schisto-gréseuses paléozoïques. Par ailleurs, la frontière entre les terrains sablo-gréseux de la Formation de Luxembourg et les terrains marneux de la Formation de Jamoigne, s'étend la première cuesta (également appelée cuesta sinémurienne ou de Florenville), séparant le bassin hydrographique de la Semois de celui de la Chiers. Au pied de la cuesta, s'étend une vaste plaine marneuse et sur son revers un plateau de sable boisé exposé vers le sud, entaillé par quelques cours d'eau : les ruisseaux de Lamoline, du Fonds des Saulx et le ruisseau frontalier de Williers.

La plupart des villages sont alignés le long du front de la cuesta. Il s'agit de la ville de Florenville (la plus importante agglomération dans la région) et les villages de Chassepierre, Jamoigne, Fontenoille, etc.

Les principales voies de communications sont les nationales : N83 : Arlon-Bouillon, N85, N88, etc. Il n'y a pas de voies autoroutières sur la carte de Florenville-Izel

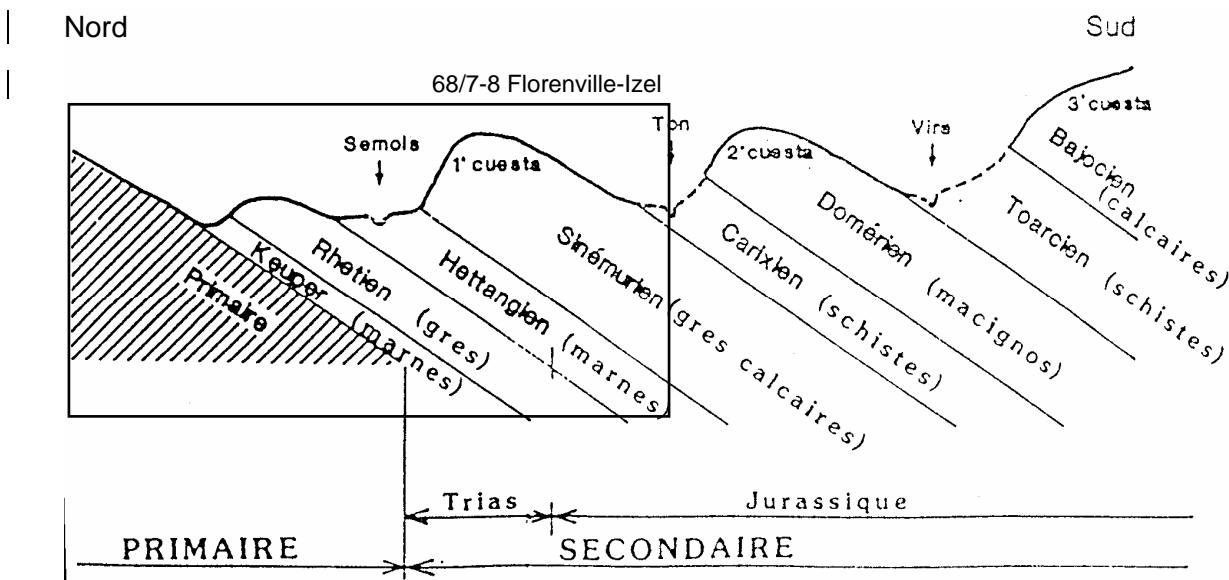


Figure 2.1 : Schéma du cadre géomorphologique général de la zone couverte par la carte de Florenville-Izel, (Masson et al. 1993)

Le réseau hydrographique est réparti entre deux bassins versants. En premier lieu le bassin de la Semois dans lequel on distingue les sous bassins de la Vierre et de la Semois en aval

du confluent avec la Vierre. En second lieu, le bassin de la Chiers situé au sud de la cuesta sinémurienne, qui se prolonge en territoire français (figure 2.2) :

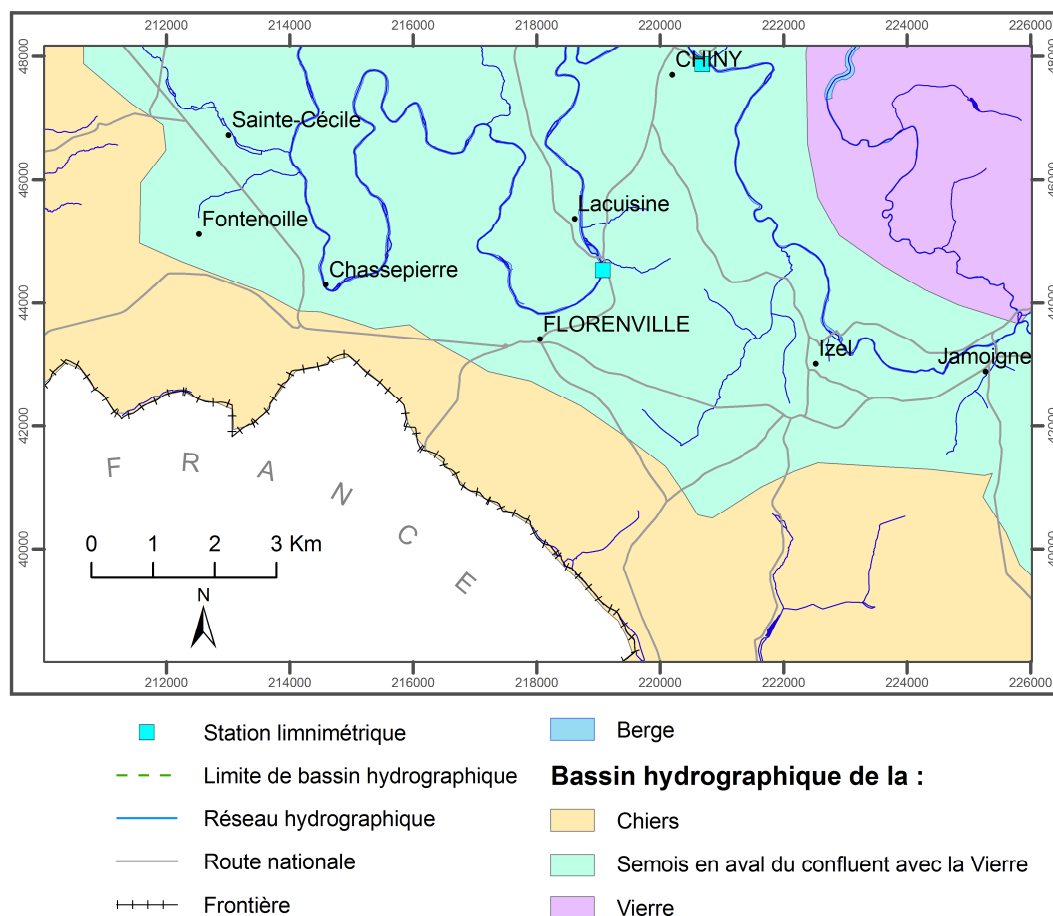


Figure 2.2 : Carte du réseau et des bassins hydrographiques ainsi que les localisations des stations limnimétriques sur la carte de Florenville-Izel.

- ✓ Le bassin de la Vierre occupe le coin nord-est de la carte sur des terrains schisteux peu perméables du massif de l'Ardenne. Les cours d'eau sont, en grande partie, alimentés par le drainage superficiel.
- ✓ Le bassin de la Semois en aval du confluent avec la Vierre couvre la plus grande partie de la carte. Il est alimenté principalement par l'aquifère de Florenville au sud et par le drainage du socle ardennais au nord.
- ✓ Le bassin de la Chiers, situé sur le revers sud de la cuesta sinémurienne, est alimenté par l'aquifère de Florenville et l'aquifère de la Chevratte, tous les deux abrités dans la Formation de Luxembourg.

3. Cadre géologique

Le cadre géologique sera illustré dans un premier temps à l'échelle régionale du domaine hercynien en Ardenne, en mettant l'accent sur le Dévonien inférieur, et du domaine méso-cénozoïque en Lorraine. La géologie de la zone couverte par la planche de Florenville-Izel (67/7-8) sera présentée plus loin.

3.1. Cadre géologique régional

Domaine hercynien

Le domaine hercynien est marqué par l'envahissement de la pénéplaine épicalédonienne par la mer et le dépôt d'une nouvelle série sédimentaire en discordance sur le socle calédonien. Les dépôts étant de moins en moins complets vers le nord, la transgression marine s'est donc opérée progressivement à partir du sud. Cette série sédimentaire est constituée de produits terrigènes sablo-argileux (aujourd'hui : grès et schistes), avec deux épisodes calcaires, au Dévonien moyen et au Carbonifère inférieur (Dinantien) (Belliere et Groessens, 2006).

Cet ensemble sédimentaire a subi de profondes déformations (plis et failles) lors de l'orogénèse hercynienne qui a donné naissance aux structures synclinales et anticlinales que l'on connaît aujourd'hui. Les principales structures tectoniques connues en Wallonie sont, du nord vers le sud: le massif du Brabant, le synclinal de Namur, la Bande Calédonienne du Condroz, le synclinal de Dinant, la zone anticlinale de l'Ardenne, le synclinal de Neufchâteau-Eifel et l'anticlinal de Givonne (figure 3.1). La carte de Florenville - Izel est située en partie sur le bord nord du massif de Givonne. Les terrains du domaine hercynien ont été affectés par d'importantes failles longitudinales.

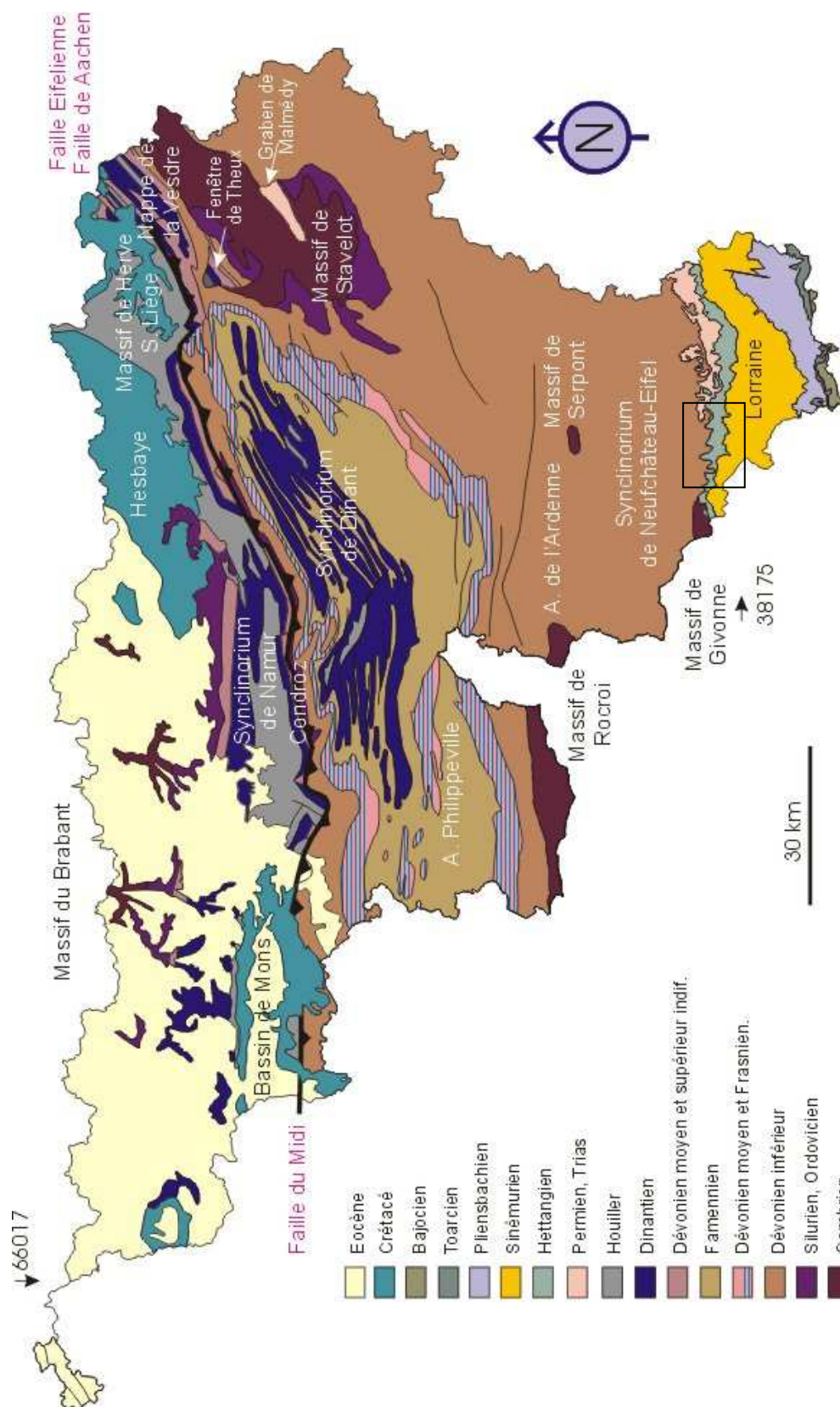


Figure 4 : Cadre géologique et structural de la Wallonie avec la localisation de la carte Florenville - Izel (67/7-8) (Boulvain et Pingot, 2004)

➤ **Dévonien inférieur**

Le découpage lithostratigraphique des terrains du Dévonien inférieur a été revu par la Commission nationale de Stratigraphie du Dévonien (Godefroid et al. 1994). Le Dévonien inférieur comprend le Lochkovien, le Praguien et l'Emsien qui correspondent respectivement au Gedinnien, au Siegenien et à l'Emsien dans l'ancienne nomenclature.

Le Dévonien inférieur (ou Eo-Dévonien) est composé entièrement de roches terrigènes de type phylladeuses ou siliceuses (Asselberghs, 1946). La proportion des roches gréseuses, par rapport aux autres roches, est toujours plus forte dans les faciès septentrionaux. Cependant, même dans les assises les plus riches, telles que le Siegenien inférieur et l'Emsien inférieur, les roches gréseuses sont généralement moins abondantes que les roches schisteuses (Asselberghs, 1946). Les faciès terrigènes sont arénacés, voire conglomératiques dans la partie septentrionale du Synclinorium de Dinant, alors que plus au sud, les faciès pélitiques sont dominants.

L'épaisseur des formations dévoniennes et particulièrement du Dévonien inférieur, augmente vers le sud et vers l'ouest. Elle est de l'ordre de 1,3 km au nord du Synclinorium de Dinant, passe à 3,1 km au bord sud pour atteindre 4,5 km dans le Synclinorium de Neufchâteau (figure 3.2). Ce phénomène s'expliquerait, d'après Boulvain et Pingot (2004), par le jeu plus ou moins continu de failles normales provoquant l'approfondissement du bassin vers le sud, en contexte d'extension crustale modérée.

Avec plus de 5500 km² de superficie, les terrains du Dévonien inférieur couvrent une grande partie de la Wallonie. Ils affleurent, en Ardenne, sur une bande qui s'élargit d'ouest vers l'est, limitée au sud par les formations mésozoïques de la Lorraine belge, au nord par les terrains du Dévonien moyen ou supérieur et par le Frasnien du Synclinorium de Dinant.

Les successions stratigraphiques et les descriptions lithologiques du Dévonien inférieur au bord sud du Synclinorium de Dinant, dans le Synclinorium de Neufchâteau et sur le massif de Givonne sont brièvement reprises ici d'après Boulvain et Pingot (2004).

Gedinnien ou Lochkovien: Le Lochkovien - Pridolien, qui est transgressif sur les formations cambriennes et siluriennes, est constitué principalement de formations terrigènes. Cette transgression s'est opérée du SO vers le NE (Steemans, 1989) en deux étapes, interrompues par une brève régression vers le sommet du Lochkovien inférieur. Au bord sud du Synclinorium de Dinant, la sédimentation débute par un conglomérat de base supportant des grès "arkosiques"² ou quartzitiques (Formation de Fépin, 5-70 m d'épaisseur). Au dessus, la Formation de Mondrepuits est constituée de schistes bleutés, souvent fossilifères et d'origine marine (Calcaire de Naux dans le Synclinorium de Neufchâteau). Ensuite, la Formation d'Oignies est caractérisée par des séquences grès-siltites-shales bariolées vert-rouge, correspondant à la progradation répétée d'un système alluvial sur une plaine côtière. Enfin, la Formation de Saint-Hubert montre des shales et des quartzites verts à gris-vert.

² Les arkoses ou arénites feldspathiques sont composées principalement de quartz et de feldspath. Ce sont des roches claires, souvent roses ou rougeâtres (Boulvain et Pingot, 2004). Les termes arkose et grès arkosique ont été largement utilisés dans le passé pour décrire des grès contenant des amas de kaolin qui ont été interprétés comme des résidus de feldspath. En réalité, le contenu en feldspath de ces roches n'est jamais suffisant pour justifier cette appellation. Ces termes sont utilisés dans le texte, mais entre guillemets.

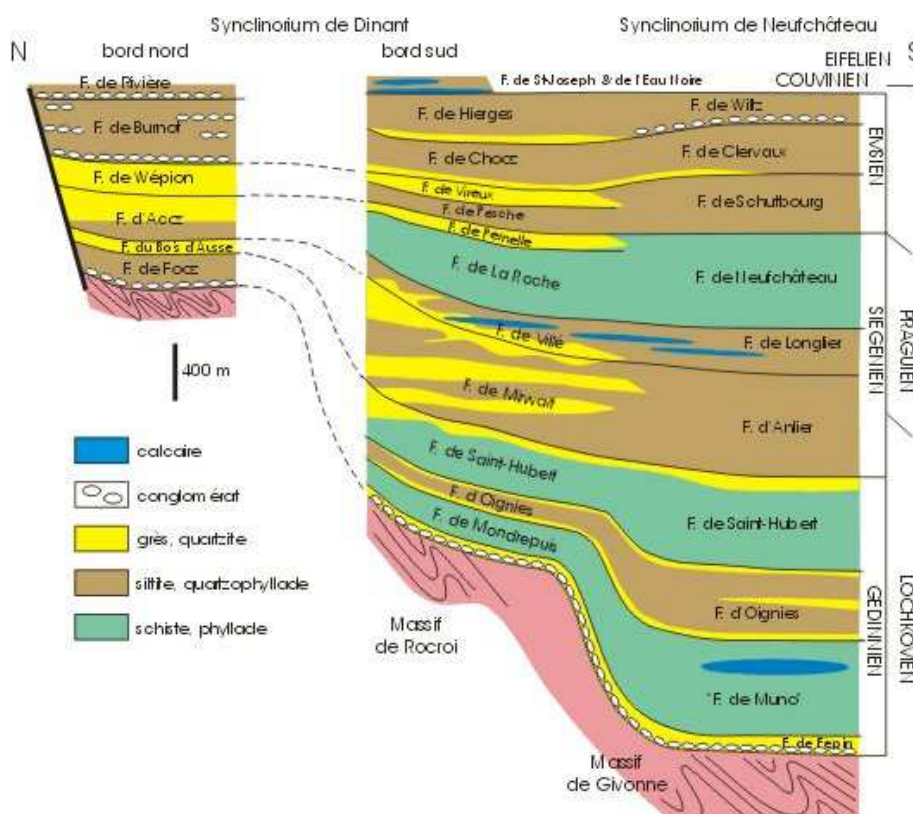


Figure 3.2 : Transect Nord-Sud dans les Synclinaux de Dinant et de Neufchâteau, durant le dépôt du Dévonien Inférieur (Boulvain et Pingot, 2004)

Siegenien ou Praguien: La transgression éo-dévonienne atteint son extension maximale au Praguien (anciennement Siegenien) moyen. Dans le Synclinal de Neufchâteau et au bord sud du Synclinal de Dinant, la sédimentation praguienne débute par d'épaisses séquences de grès, quartzites verdâtres, bleus, blanchâtres, composant la Formation de Mirwart ou Siegenien inférieur S1 (vers le sommet de l'unité, on observe des shales noirs à lamines gréseuses ou "quartzophyllades"). Ensuite, la Formation de Villé ou Siegenien moyen S2 se caractérise par des quartzophyllades bleu foncé et des grès bleuâtres carbonatés, souvent cariés. La Formation de Villé est surmontée par la Formation de La Roche ou Siegenien supérieur S3, très monotone, constituée de phyllades bleu sombre. Au sud du synclinal de Neufchâteau, le Siegenien inférieur est représenté par le faciès d'Anlier, surmonté par le Siegenien moyen, avec le faciès de Longlier suivi du Siegenien supérieur qui est représenté par le faciès de Neufchâteau (Asselberghs, 1946). Ces faciès correspondent respectivement aux formations du même nom (figure 3.2).

Emsien: Les formations emsiennes du bord sud du Synclinal de Dinant et du Synclinal de Neufchâteau sont constituées d'une alternance de schistes et grès rouges et verts. D'abord transgressif sur le Praguien, l'Emsien affiche rapidement des caractères régressifs qui vont s'amplifier jusqu'à la fin du Dévonien inférieur.

Domaine méso-cénozoïque

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. Elles sont déposées en discordance sur le versant sud du massif paléozoïque de l'Ardenne, sous forme de couches monoclinales de direction est-ouest. La nature et la géométrie complexe des corps sédimentaires témoignent d'un environnement littoral caractérisé par un mélange sédimentaire avec, toutefois, une

prédominance silicatée. L'évolution séquentielle des dépôts est intégrée dans un prisme sédimentaire globalement rétrograde (Boulvain et al. 2001).

Par ailleurs, l'évolution stratigraphique montre une superposition de séries sédimentaires de plus en plus marines, déposées par transgressions successives entre le Trias supérieur et le Jurassique inférieur (Ghysel et al. 2002). La géologie de ces séries est très complexe, en particulier en raison de nombreux changements de faciès et de puissance (figure 3.3) 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 de plus ou moins grandes importances.

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), Longwy (LGW) et Mont-Saint-Martin (MSN).

Ces formations sont découpées en membres si des intercalations entre formations ont lieu. Ces intercalations sont, en effet, assez fréquentes entre la Formation d'Arlon (ARL) et la Formation de Luxembourg (LUX). Les membres de la Formation d'Arlon sont : Trite (TRT), Strassen (STR), Posterie (POS) et Hondelange (HON). Les membres de la Formation de Luxembourg sont : Chevratte (CHT), Florenville (FLO), Orval (ORV), Virton (VIT) et Robelmont (RBM).

Une brève description de la série lithologique (figure 3.3) montre qu'il existe une alternance de couches sédimentaires à faciès marneux ou argileux avec des couches à faciès sableux gréseux ou calcaire sur la hauteur du profil lithostratigraphique du Jurassique en Lorraine belge.

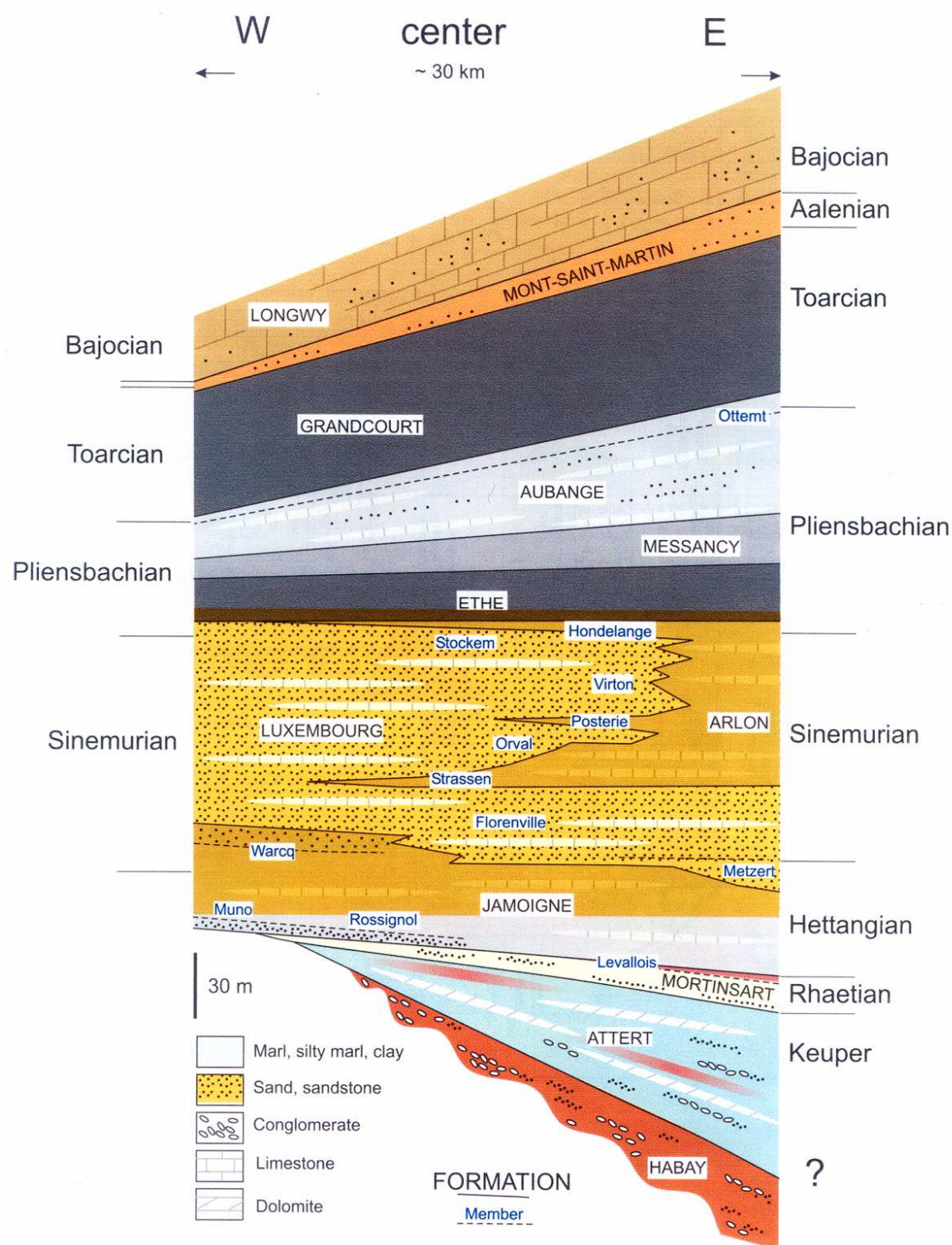


Figure 3.3 : Schéma lithostratigraphique général de la Lorraine belge (Boulvain et al. 2001)

La répartition spatiale générale de ces formations et membres est représentée à la figure 3.4.

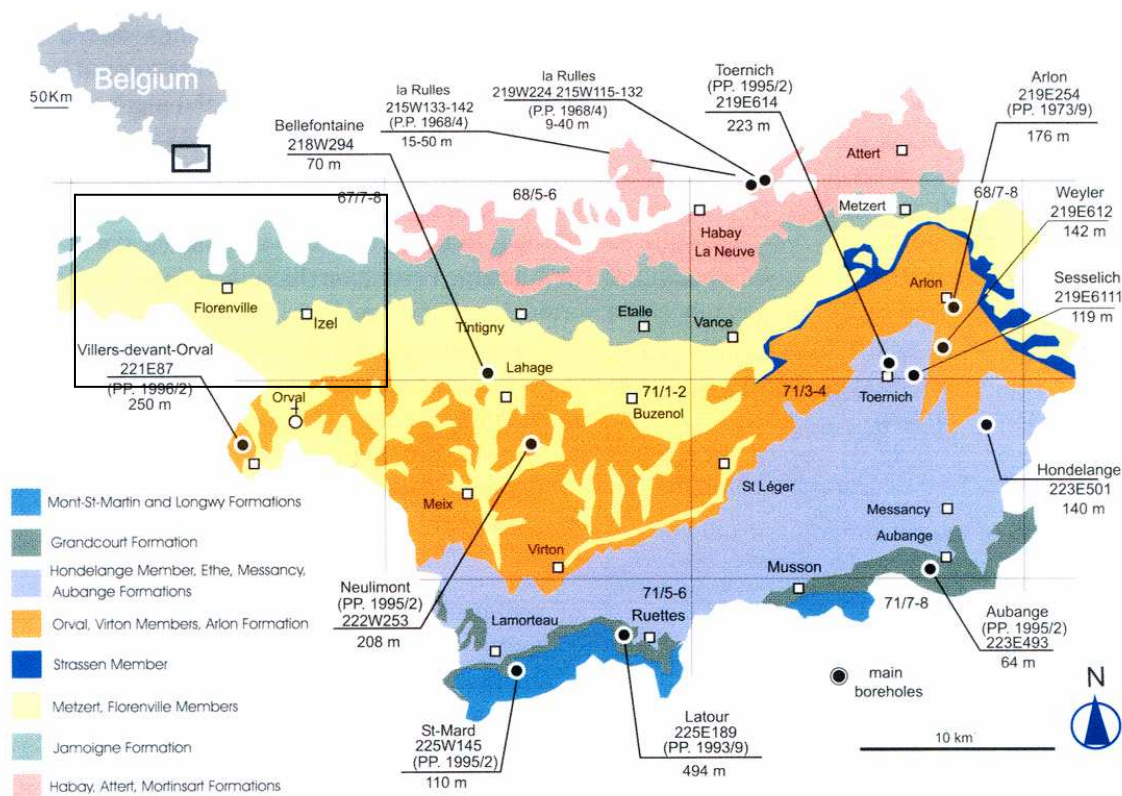


Figure 3.4 : Carte géologique simplifiée de la Lorraine belge (Boulvain et al. 2001) accompagnée de la localisation des forages de référence et de la carte de Florenville – Izel.

3.2. Géologie de la planche de Florenville-Izel

3.2.1. Cadre lithostratigraphique

Les principales formations reportées dans le tableau lithostratigraphique (figure 3.5) seront brièvement décrites en se basant sur la notice explicative de la carte géologique établie par Ghysel et Belanger (2006). Pour plus de détails, le lecteur est renvoyé à cette notice explicative et à ses références bibliographiques. La carte géologique est consultable sur : <http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartegeologique/index.htm>.

Les terrains géologiques couverts par la planche Florenville-Izel (67/7-8) appartiennent à deux ensembles très différents : le socle paléozoïque au nord et la couverture mésozoïque au sud.

Le premier, constitué d'une série de couche siluro-dévonienne, fait partie de l'anticlinorium qui s'est formé pendant l'orogénèse varisque. Cet ensemble est représenté sur la carte géologique par les Formations de Mondrepuis, d'Oignies et de Mirwart (Lochkovien et Praguien). Ces formations affleurent sur une large bande de direction est-ouest au nord de la carte. Les terrains du socle paléozoïque sont formés par d'épaisses séries pélitiques à barres quartzitiques plissées.

Le reste de la carte au sud est occupé par la couverture mésozoïque, en discordance sur le socle par une paléo-surface de pénéplanation. Cette couverture est représentée, à la base,

par les conglomérats et argiles de la Formation d'Habay (Keuper) et par les sables et argiles de la Formation de Mortinsart (Rhétien) d'apparence lenticulaire. Vers l'est (hors de la carte), les deux formations sont séparées par la Formation d'Attert, qui disparaît en biseautage sur la carte voisine (cf. carte de Tintigny-Etalle). Au dessus se superposent deux puissantes séries marines continues : la série marno-calcaire de la Formation de Jamoigne, d'âge principalement hettangien et la série sablo-gréseuse de la Formation de Luxembourg d'âge sinémurien pour l'essentiel.

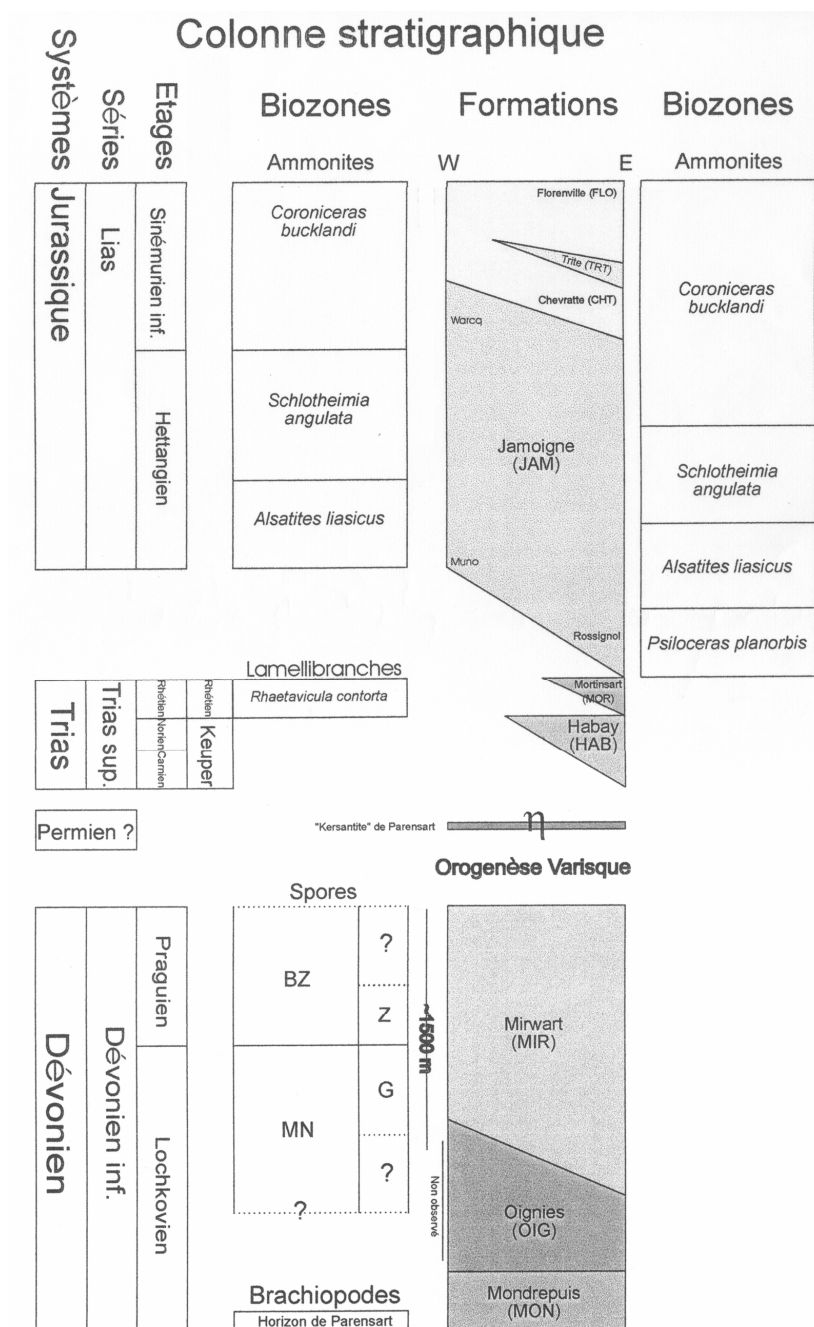


Figure 3.5 : Colonne lithostratigraphique de la carte géologique de Florenville-Izel (Ghysel et Belanger, 2006).

Formation de Mondrepuis (MON)

Sur la carte géologique de Florenville-Izel, la Formation de Mondrepuis est essentiellement représentée par son sommet qui est d'âge lochkovien. La Formation s'étend sur une largeur d'environ 1 km au nord-ouest de la carte, avec une épaisseur estimée à 325 m.

Le faciès est principalement pélitique, comprenant des shales et des siltites micacées avec parfois des auréoles rouges autour des inclusions de pyrite. On trouve, à la base de la formation, quelques intercalations de grès quartzitiques lenticulaires.

Formation d'Oignies (OIG)

La Formation d'Oignies est située dans le Lochkovien, s'étendant sur près de 3500 m de part et d'autre de l'axe de l'anticlinal de Givonne. Elle affleure, de manière discontinue, depuis le pied de Watrinsart au sud jusqu'à l'entrée du tunnel de vicinal désaffecté de Bertrix (au nord de Sainte-Cécile). Son épaisseur est estimée approximativement à 800 m sur base du tracé de la carte géologique.

Le faciès de la Formation d'Oignies est caractérisé par une coloration rouge bordeaux à bigarrures verdâtres bien tranchées (Godefroid et al. 1994). La base de la formation est dominée par les shales et les siltites tendres, accompagnées de niveaux peu fréquents de grès argileux et feldspathiques.

Aux pieds des fermes de Parensarts, il existe notamment deux niveaux peu épais de conglomérats séparés par 115 m de couches.

Le toit de la formation n'affleure sur cette carte que très sporadiquement autour et au nord du village de Sainte-Cécile. Il est formé par des phyllades satinés avec des bancs lenticulaires parfois massifs de grès quartzitiques et arkosiques fins ou grossiers et de microconglomérats.

Formation de Mirwart (MIR)

D'après Godefroid et al. (1994), la majeure partie de la Formation de Mirwart est d'âge Praguien. Elle affleure sur le versant de la Semois depuis les Moulins de la Mécanique à Sainte-Cécile. Elle s'étend sur plus de 20 km vers l'est jusqu'au village d'Habay-la-Neuve, situé sur la carte voisine de Tintigny-Etalle (68/5-6).

Le faciès de la Formation de Mirwart est caractérisé par des séries gréso-pélitiques 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.

Formation d'Habay (HAB)

La plupart des auteurs situent la Formation d'Habay dans le trias alpin supérieur, l'équivalent de Keuper du Trias germanique. Cette formation affleure au nord de Florenville, sur le plateau de la route de Neufchâteau au nord de La Cuisine et sur le versant autour du plateau du Fayi de Moyen entre la Semois et la Vierre.

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 mais ne dépassant pas 10 à 15 m. L'altération des faciès de la Formation d'Habay donne un limon à forte charge graveleuse difficile à distinguer des dépôts quaternaires des anciennes terrasses de la Semois.

Formation de Mortinsart (MOR)

La présence de lamellibranches *Rhaetavicula contorta* (Schuurmans, 1977 ; Adloff et Doubinger, 1982 ; Roche, 1994 ; Rauscher et al. 1995), et des vertébrés (Duffin et al. 1983, Duffin et Delsate, 1993) permet aisément de situer la Formation de Mortinsart dans le Rhétien (Trias supérieur germanique). L'affleurement de la Formation de Mortinsart sur la carte Florenville-Izel est très restreint au nord-est. Son épaisseur, d'environ 2 m à l'est, diminue vers l'ouest et la formation disparaît au méridien de Chiny.

Le faciès de la Formation de Mortinsart est représenté sur la carte par des grès fins tendres micacés ou par des sables homogènes bien triés, blancs à gris verdâtre ou jaunes avec parfois des stratifications croisées ou laminaires.

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.

Formation de Jamoigne (JAM)

L'essentiel de la Formation de Jamoigne est situé dans l'Hettangien, mais le sommet atteint le Sinémurien inférieur. Son épaisseur est estimée à environ 50 m sur base de la coupe géologique établie par Ghysel et Belanger (2006). La formation est néanmoins plus épaisse vers l'est.

La base de la Formation de Jamoigne est généralement formée par des calcaires bioclastiques ou par des conglomérats reposants en discordance sur le socle paléozoïque. Au dessus, la formation est dominée par une alternance de lits épais de marnes plus ou moins sableuses et de bancs de calcaire argileux bioclastique légèrement gréseux. Le sommet tend vers un faciès très proche de celui de la Formation de Luxembourg, caractérisé par une alternance de grès calcaire et de sable grisâtres.

Formation de Luxembourg (LUX)

Sur la carte de Florenville-Izel, la Formation de Luxembourg est située dans le Sinémurien inférieur. Elle est épaisse d'environ 70 m et peut dépasser 90 m hors de la carte. Toutefois, la Formation de Luxembourg est généralement découpée en membres séparés par les marnes de la Formation d'Arlon (ARL). Sur cette carte, deux membres ont été identifiés : les grès calcaires de Florenville (FLO) constituent le membre supérieur, ceux de la Chevratte (CHT) le membre inférieur. Ils sont séparés par le Membre des marnes du Trite (TRT). La Formation de Luxembourg affleure sur une large bande de direction est-ouest au sud de la carte et se prolonge sur le territoire français.

Le faciès de la Formation de Luxembourg est généralement caractérisé par une alternance de bancs lenticulaires ou continus de sable calcaire et de bancs décimétriques à métriques de grès calcaire jaunâtre à orangé.

Formation d'Arlon (ARL)

La Formation d'Arlon est représentée sur la planche de Florenville-Izel par le seul Membre du Trite (TRT) qui est d'âge sinémurien inférieur. Les affleurements ne sont identifiés que

dans certains vallons profonds du revers de la cuesta sinémurienne. Bien que relativement peu épais, le Membre du Trite représente un horizon suffisamment imperméable pour être jalonné d'une série de sources le long de ces vallons. Le niveau de ces sources est situé à une quinzaine de mètres au dessus de la base de la Formation de Luxembourg.

Le faciès de la Formation d'Arlon (Membre du Trite) est formé par des marnes légèrement sableuses gris bleu.

Alluvions anciennes (ALA)

Les alluvions anciennes, datées du Quaternaire, constituent les différents niveaux de terrasses fluviales des bassins de la Semois et de la Vierre, principaux cours d'eau sur la carte. Leur disposition étagée peut s'expliquer par la combinaison du soulèvement du socle ardennais et de l'alternance climatique de périodes plus froides et plus tempérées (De Moor et Pissart, 1992).

Les alluvions anciennes sont constituées de dépôts argileux, sableux et graveleux identifiés notamment sur le plateau de Chiny et à l'ouest de la confluence entre la Semois et la Vierre.

Alluvions modernes (AMO)

Les alluvions modernes sont des dépôts récents qui couvrent les lits des cours d'eaux permanents ou intermittents. Les plus importants dépôts sont notés dans les vallées de la Semois et de la Vierre avec une épaisseur pouvant atteindre plusieurs mètres.

Les plaines alluviales les plus étendues sont creusées par la Semois dans les marnes de la Formation de Jamoigne. Dans le socle paléozoïque, les vallons entaillés par la Semois et la Vierre sont généralement plus étroits et profonds. 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).

3.2.2. Cadre structural

Socle paléozoïque

➤ Les plis

Les terrains paléozoïques représentés sur la carte définissent deux unités tectoniques très différentes de part et d'autre de la faille de Davia dont le tracé se prolonge depuis le plateau de Davia jusqu'au hameau d'Auzi.

A l'est, au dessus de la faille de Davia, l'unité allochtone de la Cuisine est marquée par la disparition de l'anticlinal de Givonne proprement dit et par l'apparition d'une succession de plis de second ordre déversés vers le nord qui s'engouffrent de 10 à 30° vers l'est (figure 3.6).

A l'ouest, sous la faille, se présente l'anticlinal para-autochtone de Givonne déversé vers le nord, qui plonge de 25 à 30° vers l'est en s'accompagnant d'une série de plis mineurs et de décrochements (figure 3.6).

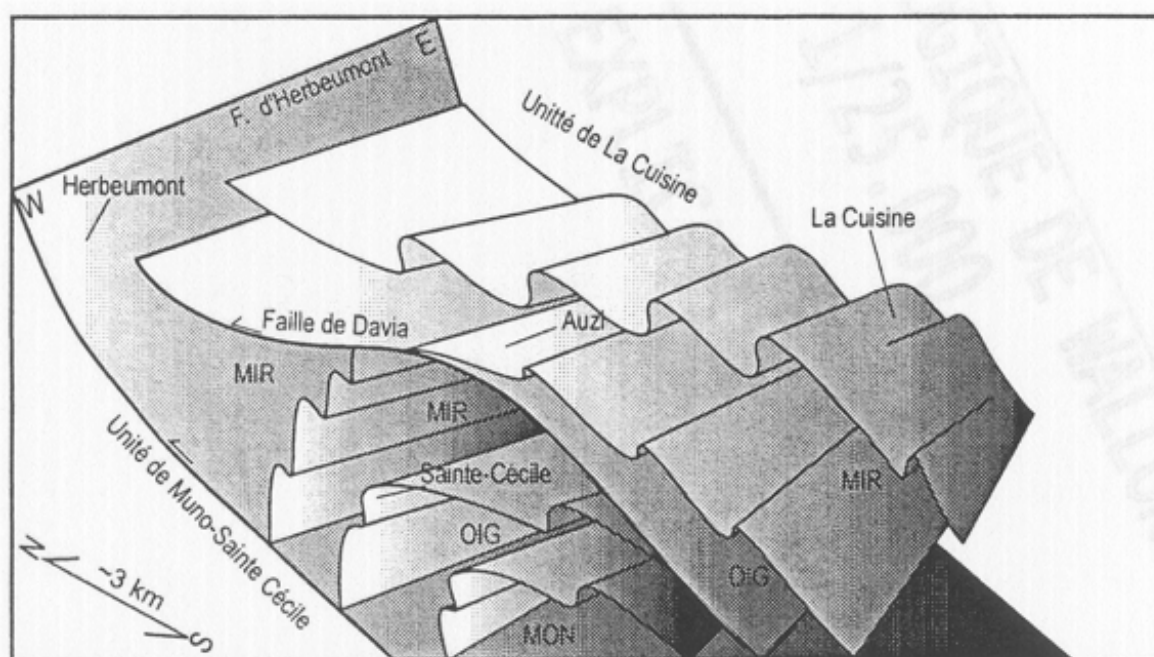


Figure 3.6 : Perspective illustrant les deux styles tectoniques superposés par la faille de Davia.

Sous la faille, l'Anticlinal de Givonne, anticlinal de 1^{er} ordre dans les Formations de Mondrepuits (MON), d'Oignies (OIG) et de Mirwart (MIR) et au-dessus de la faille, un train de plis de 2nd ordre répétant les Formations d'Oignies et de Mirwart. L'ensemble est allochtone sur la Faille d'Herbemont (Ghysel et Belanger, 2006).

➤ Les schistosités

Deux schistosités de chronologie distincte sont au moins notées dans l'anticlinal de Givonne situé sur la carte de Florenville-Izel. La première est ardoisière et planaxiale des plis. Elle se manifeste en général dans tous les niveaux pélitiques des formations plus dispersées et

réfractées dans les grès. La seconde s'exprime par une shistosité de crénnelation transversale à la première.

➤ **Les failles**

La faille de Davia est une faille de charriage qui plonge de 10 à 15° vers le nord-est à hauteur de Davia. A grande échelle, le mouvement de l'allochtone sur cette faille, est dans le sens sud-nord avec un rejet estimé de l'ordre du kilomètre.

Les failles normales et inverses. Peu de failles normales d'ampleur importante ont été identifiées. Elles ont une direction transversale au plissement varisque. Par contre, les failles inverses de direction longitudinale sont généralement contemporaines du plissement varisque.

Les failles de décrochement. Deux failles de décrochement dextres de 500 m de rejet chacune sont identifiées de part et d'autre du village de Sainte-Cécile.

Couverture mésozoïque

La couverture mésozoïque est formée d'une série de couches monoclinales superposées, assises en discordance sur le socle paléozoïque et de pendage moyen allant de 1 à 3° orienté vers le sud-sud-ouest. Une légère ondulation, observée parfois à l'affleurement, peut néanmoins perturber cette planéité des couches. Par ailleurs, une faille verticale est-ouest à rejet pluridécimétrique est notée dans la carrière occidentale de Fontenoille.

4. Cadre hydrogéologique

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

- ✓ aquifère : formation perméable contenant de l'eau en quantités exploitables (UNESCO - OMM. 1992.);
- ✓ 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.);
- ✓ aquitard: formation semi-perméable permettant le transit de flux à très faible vitesse et rendant la couche sous jacente semi-captive (Elsevier, 1990).

Remarque : ces notions restent relatives et doivent s'adapter au contexte hydrogéologique.

4.1. Cadre hydrogéologique régional

La zone ardennaise : Les couches géologiques de l'Ardenne sont composées de roches dures, très plissées et fracturées. Elles sont d'âge principalement Dévonien inférieur (Lochkovien, Praguien, Emsien, Eifelien, Givétien, Frasnien et Famenien) en discordance sur les terrains calédoniens. La lithologie est constituée de schistes, de phyllades, de grès, de quartzites et de quartzophyllades. Le caractère aquifère du sous-sol dépend de la présence et du degré de fissuration des roches gréseuses et quartzitiques, ainsi que de l'importance du manteau d'altération.

Le contexte hydrogéologique régional du massif schisto-gréseux de l'Ardenne est caractérisé par l'existence de deux types d'aquifères presque indépendants de l'unité stratigraphique à laquelle la roche appartient : l'aquifère du manteau d'altération et l'aquifère profond.

L'aquifère du manteau d'altération : Une première nappe est contenue dans le manteau d'altération des formations paléozoïques. C'est un aquifère continu de type mixte³ dont l'épaisseur peut en certains endroits dépasser les trente mètres. La nappe est peu productive car sa capacité d'emmagasinement d'eau pluviale est faible. Elle est ainsi fortement influencée par le régime des précipitations. Ce phénomène peut provoquer un problème de tarissement en été alors que les besoins sont plus élevés en cette période de l'année. Etant libre et peu profonde, la nappe est également vulnérable face à la pollution de surface due notamment aux pratiques agricoles et à l'élevage. Par contre, ce type de nappe est très intéressant pour les besoins d'eau peu importants comme les consommations ménagères et les puits des prairies par exemple. Les nappes sont souvent captées par drains et galeries placés en tête de vallons ou en zone d'émergence (Derycke et al. 1982)

L'aquifère profond : A plus grande profondeur, une série de niveaux aquifères sont contenus dans les passages gréseux et quartzitiques fissurés et dans les zones de fractures. Ce sont des niveaux qui forment généralement des entités individualisées indépendantes et d'extension variable mais relativement limitée (Derycke et al. 1982). Ils peuvent toutefois être localement mis en contact par des failles. Ils sont de type mixte et l'eau qu'ils contiennent est généralement sous pression. Etant profondes et de caractère captif, les nappes sont moins soumises aux pollutions de surface. Il faut souligner néanmoins que des valeurs relativement

³ Un aquifère est de type mixte s'il est caractérisé à la fois d'une porosité d'interstice et d'une porosité de fissures. C'est le cas de l'aquifère du manteau d'altération où la porosité de pore peut être rencontrée dans les sables issus de l'altération des grès. La porosité de fissures peut se trouver dans les zones de fractures et dans les bancs de grès et de quartzites fissurés.

élevées de nitrate peuvent être décelées dans certains puits sollicitant ces niveaux captifs. Les nappes sont captées par des puits profonds atteignant près de 100 m. Le rendement de ces aquifères est plus important et sensiblement constant durant toute l'année.

Dans les deux types d'aquifères, l'eau est douce avec généralement de faibles valeurs de pH, et est souvent ferrugineuse.

L'aquifère schisto-gréseux de l'Ardenne est de faible importance comparé aux aquifères calcaires, crayeux ou grés-sableux. Il n'est cependant pas négligeable puisqu'il constitue souvent la seule ressource aquifère des communes, particulièrement en Ardenne. La dispersion de la population en petites agglomérations ou en habitations isolées rend l'accès au réseau de distribution un autre élément à considérer.

D'après Derycke et al. (1982), la solution idéale pour exploiter les aquifères schisto-gréseux de l'Ardenne et d'alterner les prélèvements entre les deux types d'aquifères :

- ✓ Le captage de la nappe phréatique par drains et puits peu profonds avec mise en réserve de la circulation profonde, pendant la période de hautes eaux.
- ✓ Le captage par puits profonds de la circulation souterraine captive, au moment où la nappe phréatique est asséchée et très vulnérable à la pollution de surface pendant la période d'étiage.

La zone lorraine : Vu l'alternance stratigraphique de couches géologiques perméables et imperméables, 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 c'est le cas avec la production d'eau minérale des entreprises Nestlé Waters Bénélux.

Les aquifères les plus importants sont abrités dans :

- ✓ la Formation des grès sableux de Mortinsart (Rhétien),
- ✓ la Formation des sables et grès-calcaires de Luxembourg,
- ✓ les calcaires grés-silteux d'Aubange et Messancy,
- ✓ les calcaires de Longwy et 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 des marnes de Jamoigne, et dans les alluvions et terrains quaternaires. A l'exception des aquifères sinémuriens de la Formation de Luxembourg, toutes les autres unités aquifères n'ont pas été suffisamment étudiées jusqu'à ce jour.

Dans la partie centrale de la Lorraine belge, la Formation de Luxembourg se scinde en plusieurs nappes aquifères superposées dont la plus importante est contenue dans le Membre de Florenville. Ces nappes sont séparées par des niveaux marneux, plus ou moins épais, appartenant à la Formation d'Arlon. Il est difficile cependant d'exclure des communications localisées entre ces différents aquifères.

Le faciès sableux et grès calcaire de Luxembourg présente une perméabilité de type mixte d'interstices et de fissures. Une forte dissolution des terrains sinémuriens peut provoquer localement des circulations de type pseudo-karstiques.

La présence de grandes failles de direction NE-SO favorise des axes d'écoulement préférentiels dans les principaux aquifères, sans pour autant générer une morphologie karstique vu les faibles épaisseurs et l'impureté des calcaires lorrains (S.W.D.E.).

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

4.2. Hydrogéologie locale

Le tableau lithostratigraphique de correspondance entre les formations géologiques et les unités hydrogéologiques définies sur la carte de Florenville - Izel est donné au tableau 4.1. Le caractère aquifère ou aquiclude est basé simplement sur la nature lithologique des couches géologiques. Compte tenu de la nature lithologique des terrains paléozoïques, la définition des unités hydrogéologique est basée sur la fréquence et l'importance des bancs gréseux et/ou quartzitiques.

4.2.1. Description des principaux aquifères

L'aquiclude du Dévonien inférieur : regroupe les Formations de Mondrepuis et d'Oignies qui sont principalement schisteuses, de faibles perméabilités, sauf dans quelques rares bancs gréseux et quartzitiques. Il existe en revanche des réserves aquifères intéressantes dans le manteau d'altération qui alimentent quelques sources exploitées ou pas. L'aquifère du manteau d'altération a une faible capacité d'emmagasinement et donc susceptible de tarissements saisonniers surtout en été. Cette nappe superficielle est vulnérable à la pollution et offre une eau douce parfois fortement ferrugineuse. Un autre potentiel aquifère limité peut également être recherché localement au niveau des zones de failles. Rappelons aussi l'existence de deux niveaux peu épais de conglomérats aux pieds des fermes de Parensarts, où l'on peut soupçonner des ressources en eau souterraine.

Ere	Système	Série	Etage	Formation	Membre	Lithologie	Abréviation	Hydrogéologie
Cénozoïque	Quaternaire					Alluvions modernes et anciennes	AMO	Aquifère alluvial

Mésozoïque	Jurassique	Lias	Sinémurien	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 calcaire et de lits de sable calcaire, jaune à orangé	CHT	Aquifère de 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
	Trias	Trias sup.	Rhétien	Mortinsart		Sable ou grès tendre avec intercalations d'argiles noires	MOR	Aquifère de Mortinsart
			Keuper	Habay		Conglomérats, sables, sables argileux, conglomérats dolomitiques et argiles	HAB	Aquiclude à niveaux aquifères d'Habay

Paléozoïque	Dévonien	Dévonien inf.	Praguien	Mirwart		Faciès caractérisé par des séries pélitiques comprenant des phyllades, des siltites laminaires (quartzophyllades), des grès argileux micacés et des intercalations quartzitiques	MIR	Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur
			Lochkovien	Oignies		La base est dominée par des shales et des siltites tendres, accompagnées de niveaux peu fréquents de grès argileux et feldspathiques. Le toit est formé par des phyllades satinées avec des bancs lenticulaires parfois massifs de grès quartzitiques et arkosiques fins ou grossiers et de microconglomérats	OIG	Aquiclude du Dévonien inférieur
				Mondrpuis		Faciès principalement pélitique, comprenant des shales et des siltites micacées avec quelques intercalations de grès quartzitiques lenticulaires à la base	MON	

Tableau 4.1 : Correspondance entre les formations géologiques et les unités hydrogéologiques sur la planche de Florenville – Izel.

L'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur : est représenté par la Formation de Mirwart qui affleure au nord de la carte. En général, les terrains sont relativement imperméables à semi-perméables et les puits sont mal alimentés. Par contre, il existe localement des niveaux aquifères non négligeables constituant des réservoirs intéressants pour un approvisionnement local. L'étendue des nappes est difficile à délimiter, puisqu'il s'agit de nappes relativement indépendantes. Seule une étude géologique et hydrogéologique approfondie des formations paléozoïques permettra d'établir une carte hydrogéologique plus précise du massif schisteux de l'Ardenne. En fait, les nappes sont cantonnées dans les fissures, dans les tranches d'altération superficielle et dans les couloirs drainant définis par les zones de failles, de fractures et de diaclases au niveau des bancs quartzitiques. La réserve souterraine est donc composée d'un ensemble de nappes indépendantes locales qui se comportent comme des nappes captives lors du forage des puits et qui s'équilibrent rapidement pour devenir libre. Ces nappes sont captées principalement par des puits et des sources appartenant à des particuliers pour usages domestiques et agricoles. Elles fournissent une eau peu minéralisée, douce et peu alcaline.

L'aquiclude à niveaux aquifères d'Habay : est abrité dans la formation portant le même nom. La Formation est caractérisée par un changement latéral de faciès allant des argiles imperméables aux conglomérats dolomitiques qui peuvent abriter localement des réservoirs aquifères intéressants. Sur la carte, l'élément argileux est plutôt rare, conférant à la formation un caractère plutôt aquifère. Par contre, sa capacité est limitée, ayant des extensions lenticulaires isolées et sporadiques. Il n'existe pas d'informations suffisantes pour pouvoir caractériser l'aquifère, ni délimiter son extension en profondeur. Aucun captage important sollicitant la nappe d'Habay n'a été identifié sur la planche.

L'aquifère de Mortinsart : L'aquifère de Mortinsart est très peu étudié vu sa moindre importance par rapport à l'aquifère sinémurien de la Formation de Luxembourg. Pourtant l'aquifère captif du Rhétien suscite, ces derniers temps, beaucoup d'intérêts tant au niveau public que privé comme c'est le cas des captages des entreprises Valvert à Etalle (eau de la source « Volette » située hors de la carte).

La Formation de Mortinsart, aux affleurements très anecdotiques plutôt concentrés au nord du village de Jamoigne (nord-est de la carte), ne dépasse pas les 2 m d'épaisseur. Elle constitue en fait la terminaison ouest de cet ensemble sableux, par ailleurs homogène et constant, épais de +/- 15 m, et bien présent à l'est en surface comme en profondeur. Cette formation n'abriterait ici qu'une nappe aquifère captive (nappe du rhétien) aux performances hydrogéologiques très limitées, déterminées par le confinement au mur comme au toit, entre la Formation d'Habay (localement le Dévonien inférieur) et de Jamoigne. Sur la carte de Florenville - Izel, la Formation de Mortinsart est en contact direct avec la Formation d'Habay, ailleurs séparées par la Formation d'Attert. L'absence de niveaux de sources entre les deux formations pourrait supposer une continuité hydraulique entre les deux niveaux en constituant ainsi un seul aquifère.

L'aquifère de Florenville : Le forage de l'Abri forestier à Valansart (hors de la carte) est le point le plus occidental où les marnes de Strassen ont été reconnues (Debbaut et Vander Borgh, 1988). Plus à l'ouest, elles disparaissent. Par ailleurs, une autre couche de marne plus profonde a été identifiée sur certains vallons méridionaux (Ghysel et Belanger, 2006) et dans le forage de Florenville – Beaubant (Debbaut et Vander Borgh, 1988). Il s'agit des marnes du Trite (TRT) appartenant à la Formation d'Arlon située à une dizaine de mètres au-dessus des marnes de Jamoigne. Ainsi, à l'exception du Membre de Chevratte, l'ensemble des faciès sablo-gréseux du Sinémurien forme un seul aquifère. Celui-ci constitue l'extension vers l'ouest de l'aquifère de Florenville, étant en continuité hydraulique et géométrique avec la nappe contenue dans le Membre de Florenville. L'affleurement de ces faciès sablo-gréseux sur la planche constitue d'ailleurs la principale zone d'alimentation de l'aquifère de Florenville.

L'aquifère de Florenville est drainé par les ruisseaux de Lamoline, de Williers, du Fonds des Saulx et de Lambermont pour alimenter le réseau hydrographique de la Chiers au sud. Au nord, il est drainé par les ruisseaux de la Terme et de la Rochette pour alimenter la Semois.

L'aquifère de Florenville est une nappe à la fois de fissures et de pores, contenue dans une alternance de bancs de sables et de grès-calcaires de la Formation de Luxembourg. Par conséquent, il pourrait atteindre une capacité d'emmagasinement généralement importante et une bonne perméabilité.

L'aquifère de Florenville est limité à la base par les marnes de Jamoigne ou par les marnes du Trite. Ces dernières finissent par un biseau d'après la coupe géologique. Le Membre de Florenville affleure sur une large bande orientée est-ouest au sud de la carte et se prolonge en territoire français dans le coin sud-ouest. Il s'agit d'une nappe libre sur toute sa zone d'alimentation qui couvre tout le revers de la cuesta sinémurienne cartographiée sur cette carte. La nappe s'écoule généralement vers le sud, empruntant les pentes des Formations marneuses de Jamoigne et du Trite.

Les données piézométriques montrent bien que les aquifères de Florenville et de La Chevratte sont indépendants. En effet, dans les environs de Villers-devant-Orval (hors de la carte), le sondage au lieu-dit « Devant le Bâti » du service géologique de Belgique montre, à la base des grès de Florenville, un niveau marneux surmontant des calcaires avec des cavités (Boulvain et al, 1996). La nappe y est captive, le niveau piézométrique étant d'une vingtaine de mètres au-dessus des marnes (renseignements fournis par le responsable du Service technique de la commune de Florenville).

Une série de stations limnimétriques ont été installées dans le cadre des études des ressources en eau souterraine du sud de la province de Luxembourg. Ces études ont été commandées par la Région wallonne et réalisées par la F.U.L. de 1984 à 1988 (Debbaut et Vander Borcht, 1988 et Masson et al. 1993). Trois stations ont été installées sur le ruisseau de La Noire Fontaine au lieu dit « Chamleu » (cf. annexe). Les données de débits enregistrées aux stations sont présentées dans les rapports finaux de ces études.

La Noire Fontaine est un petit ruisseau situé au sud-est de la commune de Florenville qui a incisé la partie inférieure des sables et des grès calcaires de la Formation de Luxembourg. Il atteint les marnes de Jamoigne dans sa partie aval avant de se jeter dans le Williers. Le bassin de La Noire Fontaine contient des réserves mobilisables non négligeables (341.9 mm en étiage). Elles sont situées dans les formations sableuses et gréso-calcaires de Florenville. La vidange de l'aquifère s'effectue relativement rapidement comme en témoigne le coefficient de tarissement ($\alpha = 0.0040 \text{ j}^{-1}$).

L'aquifère de Chevratte : Comme les affleurements des marnes du Trite sont peu fréquents sur la carte, il est difficile de délimiter avec précision l'extension de l'aquifère logé dans les grès calcaires du Membre de La Chevratte. Cantonné entre le sommet des marnes de la Formation de Jamoigne et les marnes du Trite, sur une épaisseur d'une dizaine de mètres, l'aquifère de Chevratte est captif.

4.2.2. Phénomènes particuliers : La karstification des grès calcaires de Luxembourg

La *cranière* ou *croaonière* est le terme local pour désigner un dépôt ou un massif de travertin. La roche, appelée localement *cron*, est un tuf calcaire. La cranière apparaît généralement au fond de la plupart des vallées encaissées du revers de la cuesta sinémurienne. On en trouve ainsi un bel exemple dans la vallée frontalière du ruisseau de

Williers (Paepe et al. 1970). Par ailleurs, une bonne partie du village de Chassepierre est bâti sur un travertin d'environ 400 m de long, ce qui représente un excellent réservoir aquifère. Celui-ci fait, aujourd'hui, l'objet d'un captage important d'eau potable.

Les crons sont formés à l'aval de sources dont l'eau est sursaturée par rapport à la calcite. Dans l'aquifère, les eaux sont en équilibre avec une pression partielle de CO_2 supérieure à celle présente dans l'atmosphère, ce qui les rend plus agressives vis-à-vis du calcaire. A l'émergence, l'eau se met à l'équilibre avec la pression partielle de CO_2 de l'atmosphère en dégageant du CO_2 , ce qui provoque la précipitation de CaCO_3 . Le phénomène d'accumulation est particulièrement important à mi-pente dans les vallons les plus abrupts où la forte turbulence de l'écoulement permet une mise à l'équilibre plus rapide.

4.2.3. La piézométrie

La carte piézométrique dans le massif schisteux – gréseux de l'Ardenne n'est pas facile à établir, vu son caractère localement aquifère d'une part, et l'absence de données piézométriques suffisantes, d'autre part. Les aquifères contenus dans les Formations d'Habay et de Mortinsart sont très restreints et il n'existe pratiquement pas de piézomètre au droit de ces nappes.

Pour les aquifères contenus dans la Formation de Luxembourg, seule la carte piézométrique de l'aquifère de Florenville est tracée. Ce choix est fondé sur le fait que cette nappe constitue le plus grand potentiel hydrogéologique de la Gaume et représente l'essentiel du réservoir aquifère sinémurien. Pour l'aquifère de La Chevratte, nous ne disposons pas de données suffisantes pour pouvoir dresser une carte piézométrique.

Le tracé de cette carte a été réalisé sur base des données piézométriques récoltées pendant la campagne sur le terrain durant la période des basses eaux qui a eu lieu au mois de novembre 2002. Une autre partie des données a été fournie par la S.W.D.E. pour la même période. Sur 225 points recensés sur la planche, seuls 43 sont relatifs à la nappe de Florenville, dont 12 piézomètres et 15 puits exploités.

Par ailleurs, les grès calcaires de Florenville sont entaillés par plusieurs cours d'eau qui rabattent la surface piézométrique permettant une meilleure évaluation des niveaux de la nappe au voisinage de ces cours d'eau. La carte piézométrique est donc finalement tracée en tenant compte des niveaux d'une série de sources drainant la nappe, des niveaux de certains cours d'eaux et des niveaux d'eau dans les puits et piézomètres en novembre 2002.

La carte piézométrique a été reportée sur fond topographique pour l'aquifère des grès calcaire de Florenville et symbolisée par les courbes isopièzes (en rouge) avec indication de la cote absolue et du sens de l'écoulement dans la nappe.

Elle montre globalement une ligne de partage des eaux qui n'est pas très différente de la limite des bassins versants de la Chiers et de la Semois. Le sens probable d'écoulement est dirigé, de manière générale, vers le sud. Il suit le pendage des couches marneuses de la Formation de Jamoigne ou du Trite et alimente le réseau hydrographique de la Chiers. Les isopièzes sont souvent plus ou moins déformées par les cours d'eaux. Par ces déformations, le ruisseau de La Terme dégage deux crêtes piézométriques de part et d'autre de sa vallée et l'écoulement est orienté vers le lit du cours d'eau pour alimenter le bassin de la Semois.

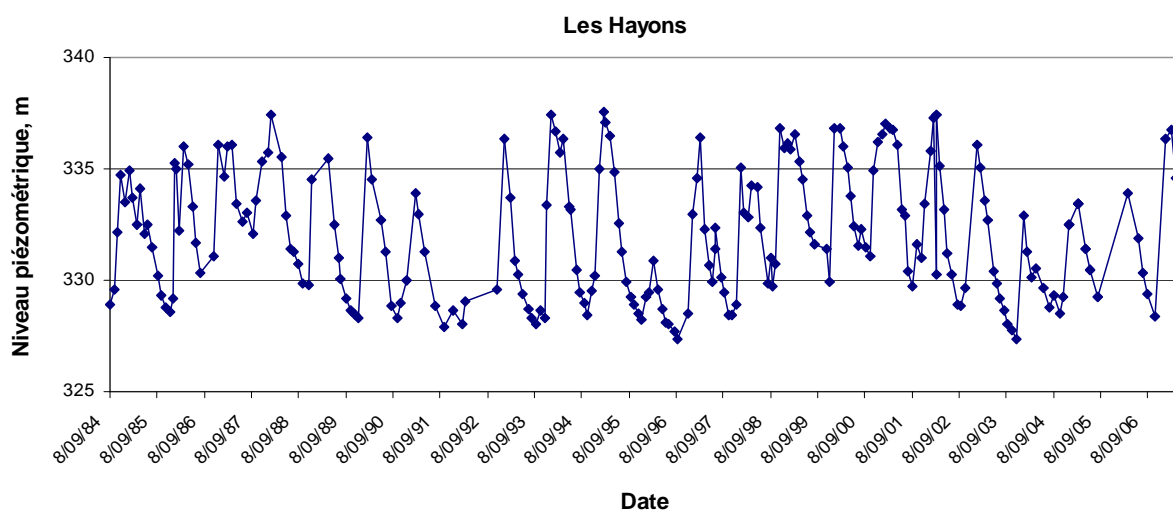
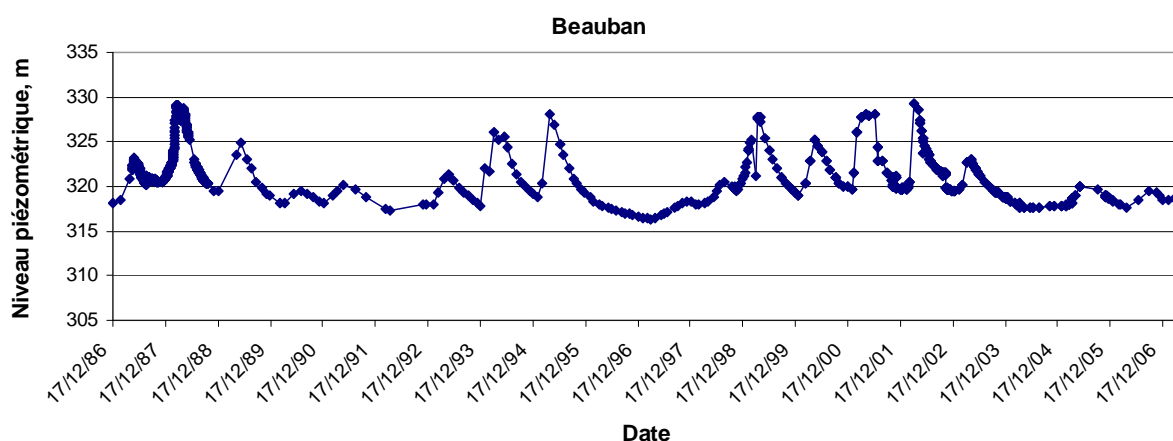
Les fluctuations annuelles et saisonnières des niveaux piézométriques de la nappe sont illustrées à la figure 4.2. Elles montrent les variations des niveaux d'eau dans les piézomètres repris dans tableau 4.2 :

Nom du piézomètre	X (Lambert)	Y (Lambert)
BEAUBAN - LIMNIGRAPHE	215950	42070
LES HAYONS	219600	41900
VALANSART	225740	40800

Tableau 4.2 : Coordonnées des piézomètres en Lambert belge 1972

Les variations des niveaux piézométriques moyens annuels ne sont pas négligeables dans les piézomètres de « Les Hayons » et de « Valansart ». La fluctuation saisonnière moyenne est d'environ 6 m autour d'une cote moyenne annuelle de 332 m. Par contre, dans le piézomètre du Beauban, la variation annuelle des niveaux piézométriques est très significative avec un minimum noté durant l'année 1997. L'ampleur des fluctuations saisonnières varie selon les années.

Dans les trois piézomètres, la période des basses eaux est souvent notée pendant le mois de novembre et la période des hautes eaux pendant le mois de juin (cf. piézomètre de Valansart).



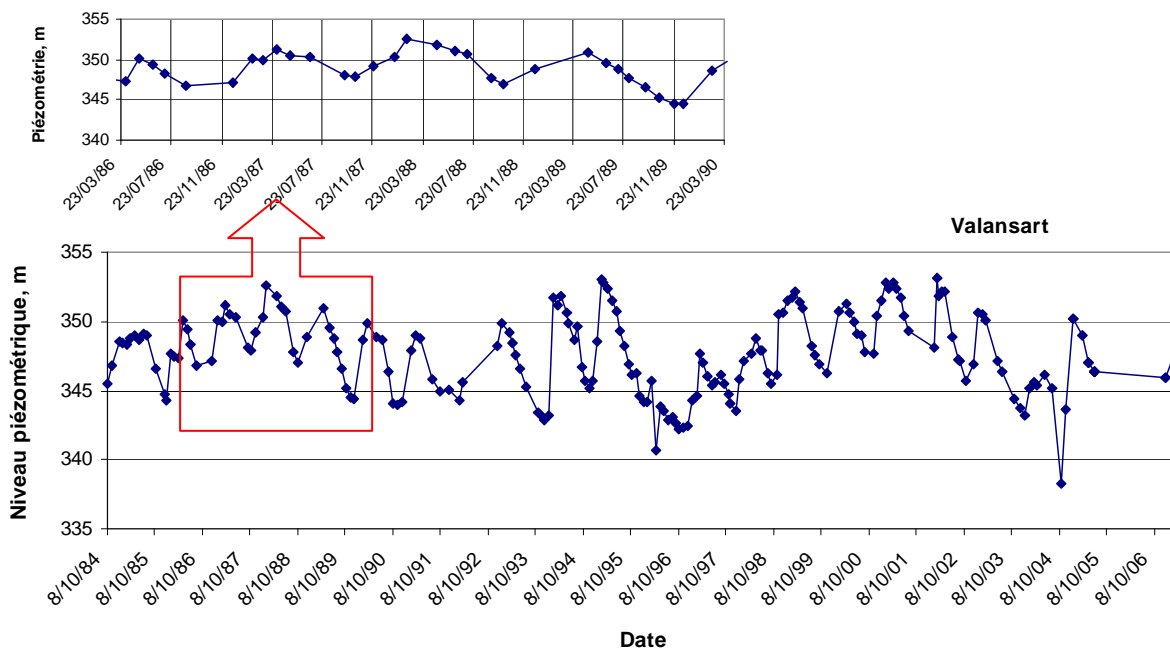


Figure 4.2 : Evolution piézométrique de la nappe des grès calcaires de Florenville

5. Cadre hydrochimique

5.1. Caractérisations hydrochimiques 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, les plus récentes, qui nous ont été fournies par la Région wallonne et par la S.W.D.E. ainsi que celles qui sont disponibles à la F.U.L.. Les points où une analyse chimique a été réalisée et est disponible, ont été reportés sur la carte thématique au 1/50.000 « **Carte des informations complémentaires et des caractères de la couverture des nappes** ». Les 19 points dont les analyses chimiques ont été encodées dans la base de données sont relatifs à l'aquifère de Florenville.

5.2. Caractérisations hydrochimiques des eaux de la nappe de Florenville

Les données chimiques disponibles se rapportent aux ouvrages repris à la figure 5.1. Toutes concernent la nappe des grès calcaires de Florenville et couvrent une période allant de 1985 jusqu'à 2006.

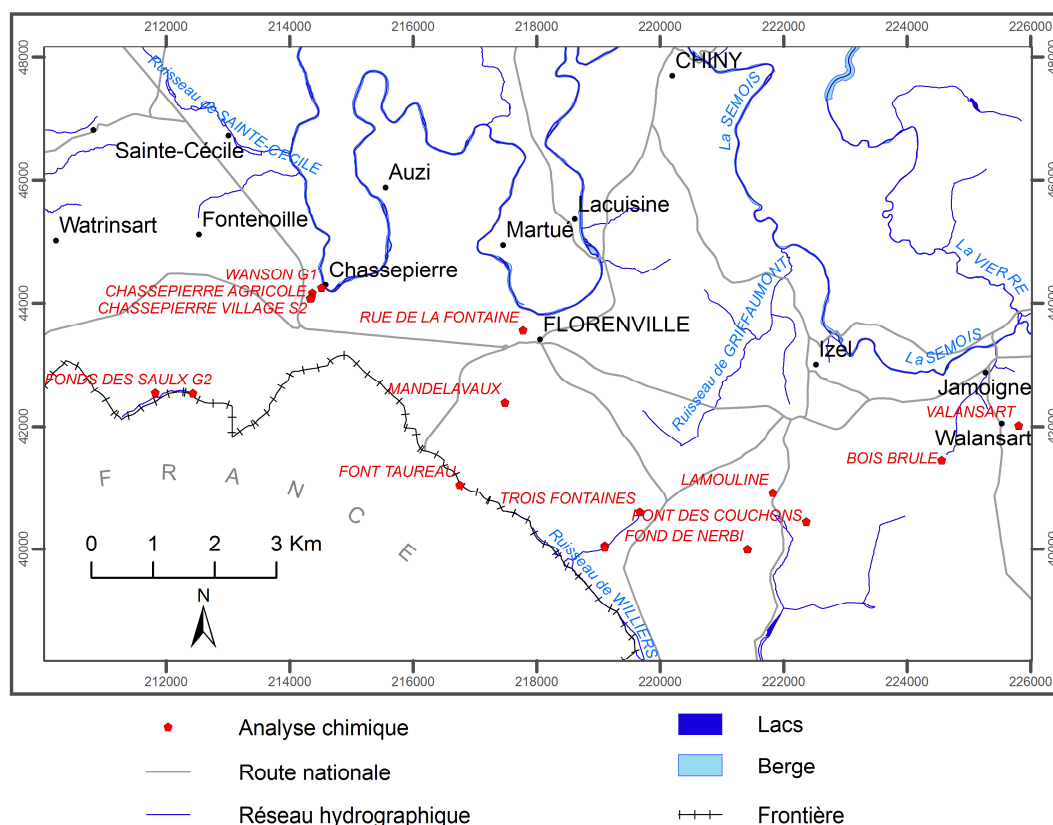


Figure 5.1 : Localisation des ouvrages pour lesquels les données chimiques sont disponibles sur la carte de Florenville-Izel.

Des mesures indicatives de la qualité hydrochimique de la nappe de Florenville au droit du captage de Chassepierre Village S1 exploité par la S.W.D.E et du captage de Valansart exploité par l'administration communale de Chiny sont reprises dans le tableau suivant :

PARAMETRE	UNITE	NORME	VALANSART	CHASSEPIERRE VILLAGE S1
			25/10/2005	15/11/2005
Alcalinité totale (TAC)	°français		24,4	24,1
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	0	0
Calcium	mg/l Ca	270	104	110,7
Chlorures	mg/l Cl	200	6,9	14,3
Dureté totale	°français	67,5	26,6	28,26
Fer (total) dissous	µg/l Fe	200	<10	0
Magnésium	mg/l Mg	50	1,5	1,55
Manganèse	µg/l Mn	50	<5	0
Nitrates	mg/l NO ₃	50	21,3	22,1
Nitrites	mg/l NO ₂	0,1	0	0
Potassium	mg/l K	12	0,5	0,33
Silice	mg/l SiO ₂		6,3	3,23
Sodium	mg/l Na	150	3,2	4,13
Strontium	µg/l Sr		108	139,7
Sulfates	mg/l SO ₄	250	11,5	22,26

Figure 5.2 : résultats d'analyses

La nappe de Florenville produit une eau de dureté moyenne que les entreprises de production d'eau exploitent à grande échelle. Signalons, toutefois, des teneurs en nitrate non négligeables qui sont sûrement dues aux pratiques agricoles. Cependant, les teneurs en nitrate dans la nappe de Florenville restent généralement faibles et répondent largement à la norme de potabilité wallonne (figure 5.3).

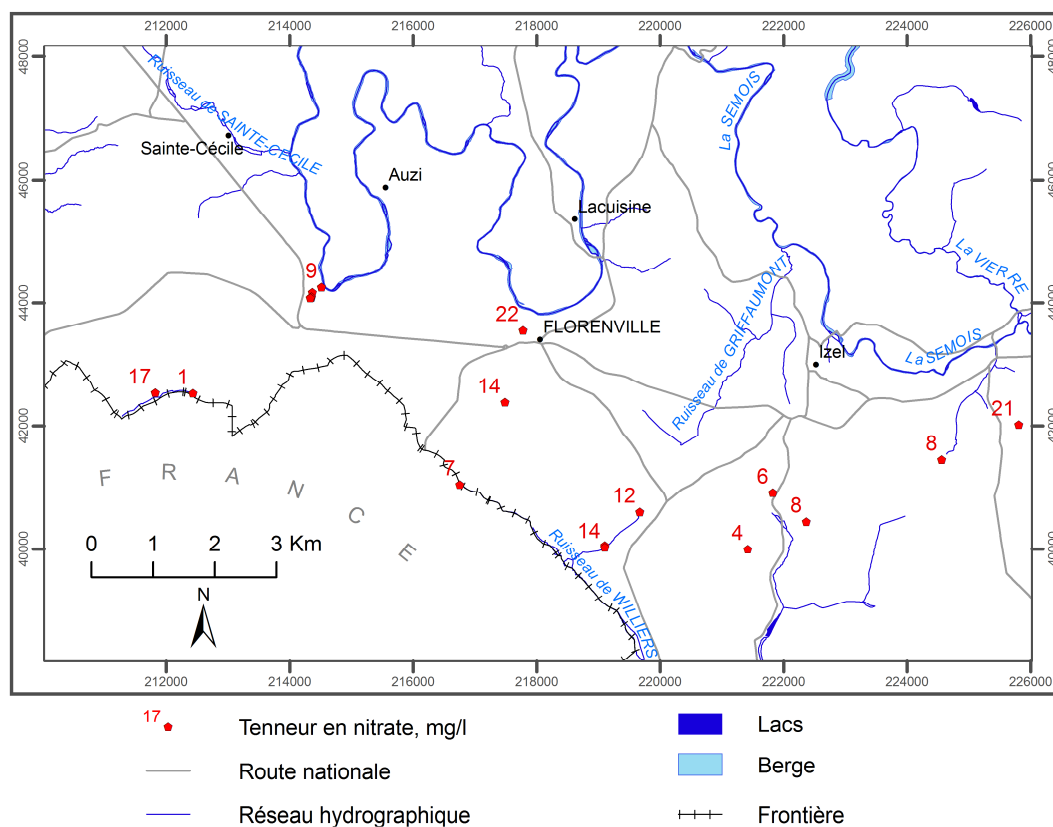


Figure 5.3 : Teneurs indicatives des nitrates dans la nappe de Florenville.

6. Exploitation des aquifères

Tous les ouvrages (puits, piézomètres, sources...) recensés et existant en novembre 2007, sans distinction de nature, ont été reportés sur la carte thématique intitulée « **Carte des volumes prélevés** » (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 (carte 1/25.000). Pour les ouvrages de prise d'eau dont le débit est connu, des pastilles rouges (pour les sociétés de distribution d'eau) ou vertes (pour les industriels ou les particuliers) de diamètre proportionnel au débit prélevé ont été utilisées comme indicateur.

L'aquifère contenu dans les grès calcaires de Florenville constitue le plus grand potentiel hydrogéologique de la Lorraine belge. Ainsi, l'essentiel des grands captages répertoriés sur la carte de Florenville-Izel est situé au droit de cet aquifère. Ils sont principalement exploités par la S.W.D.E. ainsi que par les communes de Florenville et de Chiny.

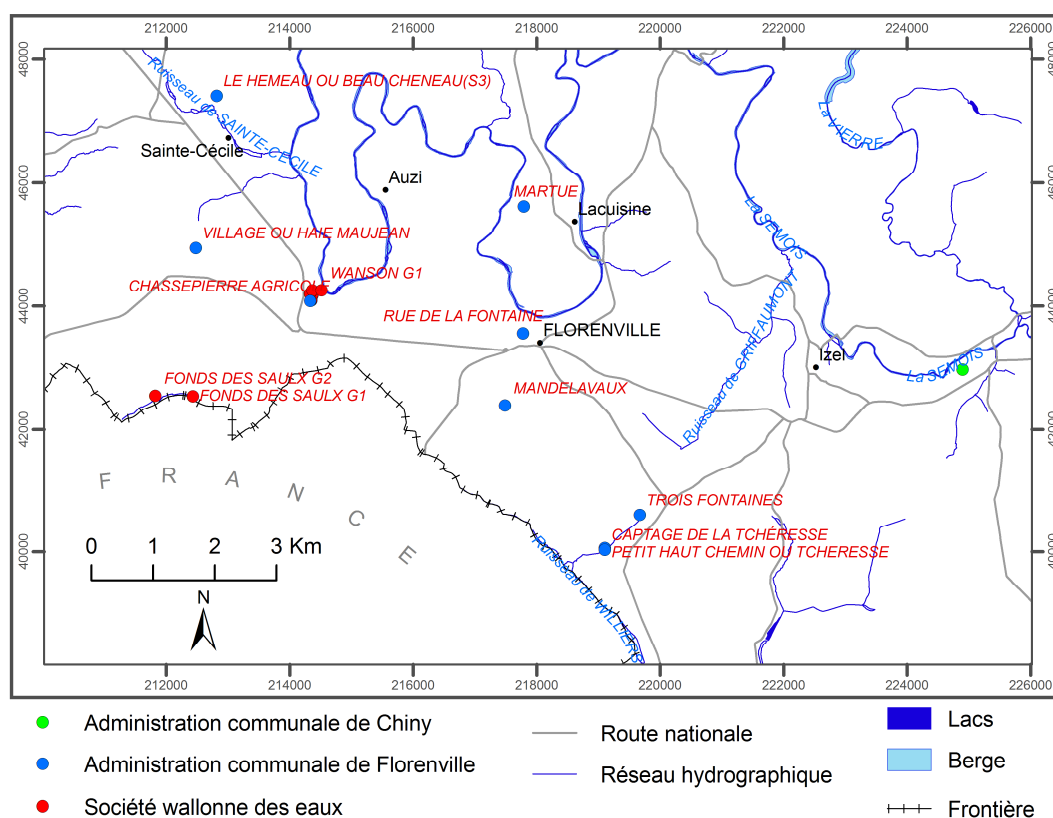


Figure 6.1 : localisation des captages de distribution publique d'eau potable

Les captages de la S.W.D.E. à Florenville sont établis sur deux sites distincts (figure 6.1), (Rapport S.W.D.E., 1998):

- Fonds des Saulx : à proximité de la frontière française au sud de Chassepierre. Ce captage est constitué de deux galeries G1 et G2. Le débit pompé en 2005 était de 1.117.650 m³ et de 596.730 m³ respectivement.
- Chassepierre Village : situé au sein du village de Chassepierre. Ce captage comprend des émergences et des drains. Le débit pompé en 2005 était de 572.085 m³.

Les captages des Services communaux de Florenville. Les dernières déclarations d'exploitation remontent à 2001 :

- RUE DE LA FONTAINE : $X = 217780$, $Y = 43559$. Ce captage est une source drainant l'aquifère de Florenville. Le débit pompé en 2001 était de 362.664 m^3 .
- MANDELAVAUX : $X = 217488$, $Y = 42391$. Ce captage est une galerie captant les eaux de l'aquifère de Florenville. Le débit pompé en 2001 était de 508.746 m^3 .
- PETIT HAUT CHEMIN OU TCHERESSE : $X = 219106$, $Y = 40060$. Ce captage est une source drainant l'aquifère de Florenville. Le débit pompé en 2001 était de 172.500 m^3 .

Le captage de l'administration communale de Chiny :

- LAMOULINE : $X = 221825$, $Y = 40918$. Ce captage est une galerie captant les eaux de l'aquifère de Florenville. Le débit pompé en 2005 était de 174.018 m^3 .

D'autres captages principalement privés exploitent l'aquifère de Florenville ou d'autres aquifères sur la planche sont notés dans la base de données hydrogéologiques, mais les volumes sont relativement faibles.

7. Caractérisation de la couverture et paramètres hydrauliques des nappes

Si l'aquifère n'est pas à l'affleurement, la couverture est définie comme perméable, semi-perméable ou imperméable par rapport aux nappes sous-jacentes. Les caractéristiques de la couverture sont représentées sur la carte thématiques intitulée « **Carte des informations complémentaires et des caractères de couverture des nappes** ». Sur la même carte sont représentés également les points pour lesquels des données de paramètres d'écoulement existent. Ces données sont toutefois assez rares sur la planche de Florenville - Izel.

7.1. Caractérisation de la couverture des nappes

Malgré l'affleurement de l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur dans la partie ardennaise, il est considéré comme étant sous une couverture semi-perméable du fait de son hétérogénéité en terme de perméabilité. Par contre, l'aquiclude du dévonien inférieur constitue une couverture imperméable tout comme la Formation de Jamoigne et la Formation d'Arlon. En revanche, les surfaces d'affleurement des formations d'Habay, de Mortinsart et de Luxembourg constituent respectivement des zones d'alimentation et les nappes qu'elles contiennent sont ainsi considérées comme étant à l'affleurement. Enfin, les alluvions constituent ici une couverture perméable, même si généralement elles couvrent une unité plutôt aquiclude, en occurrence l'aquiclude à niveaux aquifères de Jamoigne.

7.2. Paramètres d'écoulement et de transport de la nappe de Florenville

Les données hydrogéologiques précises concernant les paramètres d'écoulement sont relativement rares. Seules deux études fournissent quelques informations sur l'aquifère de Florenville. La première est réalisée à la F.U.L. (pompage de Beauban et des Hayons) dans le cadre d'une convention avec la Région wallonne (Debbaut et Vander Borcht, 1988). Une autre étude a été réalisée par la S.W.D.E. sur la détermination des zones de préventions pour les captages à Florenville (ouvrages PR1 à PR4).

Les données de transmissivité et de perméabilité obtenues à la F.U.L. sont reportées dans le tableau suivant :

Nom de l'ouvrage	X	Y	K, 10 ⁻⁷ m/s		T, 10 ⁻⁵ m ² /s	
			Pompage	Remontée	Pompage	Remontée
BEAUBAN – LIMNIGRAPHE	216803	42270	2,5 à 25		1 à 9,6	1,1 à 8,4
LES HAYONS	219600	41900			1,32	0,91
PR1	214795	43565	5 à 43	61 à 76	3,3 à 28	36 à 50
PR2	215303	43610	0,85 à 92	26	0,44 à 48	14 à 33,2
PR3	213952	43468	31 à 220	360 à 500	14 à 100	160 à 220
PR4	214561	43474	14 à 18,8	39	12 à 93	25 à 32

Tableau 7.1. Les valeurs de perméabilité (K, m/s) et de transmissivité (T, m²/s) de l'aquifère de Florenville (cf. carte de localisation des ouvrages en annexe)

Le caractère plus calcaire et plus massif de la Formation de Luxembourg dans la région de Florenville se traduit généralement par des perméabilités plus faibles que dans le reste de la Gaume, et par une amplitude de fluctuations piézométriques saisonnières plus importantes (Debbaut et Vander Borght, 1988).

8. Zone de Prévention

8.1. Généralités

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 wallonne(*) définit 4 niveaux de protection à mesure que l'on s'éloigne du captage : zones de prise d'eau (Zone I), de prévention (Zones II a et II b) et de surveillance (Zone III). Ces zones sont délimitées par des aires géographiques déterminées notamment en fonction de la vulnérabilité de la nappe aquifère.

Diverses mesures de protection ont été définies au droit des quatre zones :

1. Zone I ou zone de prise d'eau

La zone de prise d'eau est l'aire géographique délimitée par la ligne située à 10 m des limites extérieures des ouvrages de surface de 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.

2. Zone IIa et IIb ou zone de prévention rapprochée et éloignée

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".

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 de part et d'autre de la projection en surface de l'axe longitudinal dans le cas d'une galerie.

- 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.

(*) Arrêté de l'Exécutif régional wallon du 14/11/1991 relatif aux prises d'eau souterraine, aux zones de prises d'eau, de prévention et de surveillance et à la recharge artificielle des nappes d'eau souterraine, modifié par l'arrêté du Gouvernement wallon du 09/03/1995

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 fissurés ou karstiques.

3. Zone de surveillance

La zone de surveillance englobe l'entière du bassin hydrographique et du bassin hydrogéologique situés à l'amont du point de captage.

8.2. Zone de prévention reprise sur la carte

A ce jour, seules les zones de prévention proposées à la Région wallonne par la S.W.D.E. sont délimitées et arrêtées (figure 8.1). Elles concernent les prises d'eau de Chassepierre Village, Wanson G1, Fonds des Saulx G1 et G2.

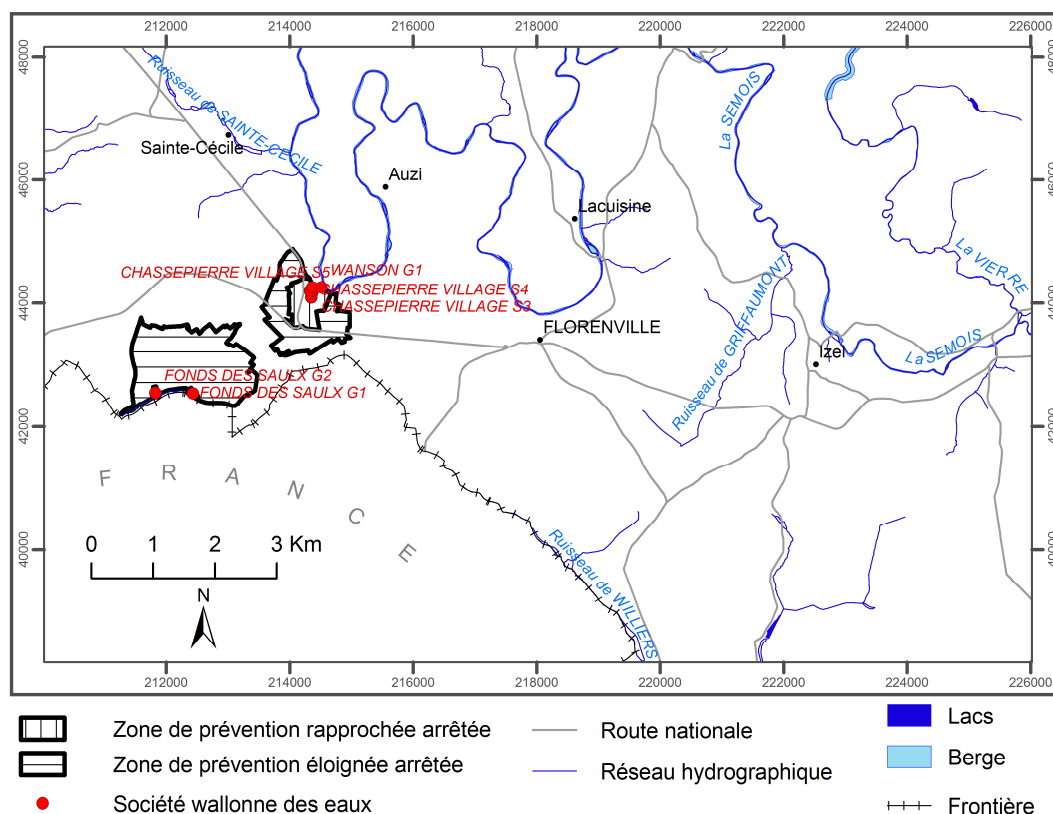


Figure 8.1. Zones de prévention arrêtées autour des captages exploités par la S.W.D.E. à l'ouest de Florenville.

Captages de Chassepierre Village et Wanson G1, deux zones de préventions sont arrêtées ; zone de prévention rapprochée (zone IIa) et une zone de prévention éloignée (zone IIb). Les prises d'eau « Villages » et « Wanson » sont situées à proximité de route voire même dans la voirie et sont formées de drains très superficiels. Cette situation confère une grande vulnérabilité aux prises d'eau qui sont exposées à trois risques majeurs (Rapport S.W.D.E., 1998) :

- contamination directe par les eaux de ruissellement en cas de fortes précipitations ;
- contamination par les épandages routiers et les accidents ;
- contamination par les nitrates et les pesticides épandus sur les terres agricoles environnantes.

Captages des Fonds des Saulx G1 et G2, seule une zone de prévention éloignée (zone IIb) a été proposée. Les sources du Fonds des Saulx sont situées dans une forêt. Le risque de pollution est peu probable, toutefois des teneurs en pesticides ont été mesurées indiquant l'influence néfaste des pratiques agricoles (Rapport S.W.D.E., 1998).

9. Présentation de la carte hydrogéologique

Le poster de la carte hydrogéologique contient :

1. *une carte principale* au 1/25.000, représentant différentes couches d'informations (topographiques, hydrogéologiques, hydrographique ...) recouvrant un extrait de la carte topographique de Belgique de l'Institut Géographique National (I.G.N.) : carte n°67/7-8 Florenville - Izel ;
2. *une carte thématique* des 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) ;
3. *une seconde carte thématique intitulée carte des volumes prélevés* représentant les ouvrages de prise d'eau, les sources et les piézomètres selon l'aquifère sollicité ainsi que les volumes pompés en distinguant les volumes de prise d'eau des sociétés de distribution d'eau et les autres volumes. (Echelle : 1/50.000) ;
4. *une troisième carte thématique, (carte des isohypses)* reprenant la structure des isohypses de la base de l'aquifère de Florenville ;
5. *une coupe hydrogéologique* orientée NNE-SSO montrant la structure des unités hydrogéologiques et les niveaux piézométriques à une date donnée ;
6. *un tableau de correspondance* entre les formations géologiques et les unités hydrogéologiques.

9.1. Carte principale (1/25.000)

La carte principale comprend les couches d'information suivantes :

- 1 le fond topographique provenant de la carte IGN à 1/10.000 ;
- 2 le réseau hydrographique, les principaux lacs et les berges ;
- 3 la succession des unités hydrogéologiques :
 - 3.1 *l'aquiclude du Dévonien inférieur* regroupant les formations de Mondrepuis et d'Oignies ;
 - 3.2 *l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur* constitué par la Formation de Mirwart ;
 - 3.3 *l'aquiclude à niveaux aquifères d'Habay* correspondant à la Formation du même nom ;
 - 3.4 *l'aquifère de Mortinsart* correspondant aux sables et grès de la Formation de Mortinsart ;
 - 3.5 *l'aquiclude à niveaux aquifères de Jamoigne* correspondant à la Formation de Jamoigne ;
 - 3.6 *l'aquifère de La Chevratte* correspondant aux grès calcaires du Membre de La Chevratte de la Formation de Luxembourg ;

- 3.7 l'aquiclude d'Arlon correspondant aux marnes du Membre du Trite de la Formation d'Arlon ;
- 3.8 l'aquifère de Florenville correspondant aux sables et grès calcaires du Membre de Florenville de la Formation de Luxembourg ;
- 3.9 l'aquifère alluvial constitué par les alluvions anciennes et modernes ;
- 3.10 l'aquifère des tourbes mais son extension est très limitée même s'il figure sur la carte.
- 4 la localisation des points d'eau constitués par :
- ✓ des puits des sociétés de distribution publique d'eau potable (sur cette carte, il s'agit de la Société wallonne de distribution d'eau (S.W.D.E.), des sociétés communales de Florenville et de Chiny) ;
 - ✓ des puits privés exploités et déclarés au Ministère de la Région Wallonne ;
 - ✓ des piézomètres, ces derniers étant considérés comme tout point d'accès à la nappe et non exploité (forages de petit diamètre, puits non exploités) ;
 - ✓ des sources exploitées ou non ;
 - ✓ des galeries et des drains.
- 5 les isopièzes de l'aquifère de Florenville et le sens probable d'écoulement (en rouge).
- 6 des cotes ponctuelles de l'aquiclude à niveaux aquifères de Jamoigne, de l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur, de l'aquifère de Mortinsart et de l'aquiclude à niveaux aquifères d'Habay ;
- 7 des éléments ponctuels comme les stations limnimétriques et une station climatique de l'Institut royal de météorologie (I.R.M.) ;
- 8 les zones de prévention arrêtées de la S.W.D.E. pour les captages de Chassepierre et du Fonds des Saulx.

9.2. Cartes thématiques (1/50.000)

Sur toutes les cartes thématiques sont présentés : le réseau et les bassins hydrographiques ainsi que le réseau routier principal.

9.2.1. Carte des informations complémentaires et des caractères de couverture des nappes

La carte représente :

- ✓ la couverture imperméable constituée par la surface d'affleurement de l'aquiclude du Dévonien inférieur de l'aquiclude à niveaux aquifères de Jamoigne. Cette dernière couvre notamment l'aquifère de Mortinsart ;
- ✓ la couverture semi-perméable représentée par l'étendue en surface de l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur. Les bancs quartzitiques et gréseux fissurés sont relativement bien protégés dans la masses de schiste et de phyllades. Par

contre, les zones de failles peuvent constituer par endroit des axes d'écoulement préférentiel ;

- ✓ la couverture perméable formée par les alluvions ;
- ✓ l'affleurement des aquifères d'Habay, de Mortinsart, de Chevratte et de Florenville ;

Cette carte localise également les différents sites au droit desquels des données quantitatives ou qualitatives sont disponibles (analyses chimiques, essais de pompage et diagraphie).

9.2.2. Carte des volumes prélevés

Cette carte situe l'ensemble des ouvrages recensés en 2007 sur l'étendue de la carte, en discernant :

- ✓ les ouvrages (puits, piézomètres, sources ...) différenciés selon l'aquifère qu'ils atteignent. Les couleurs des symboles utilisés sont en relation avec la couleur de la nappe recoupée ;
- ✓ les volumes de distribution publique d'eau potable déclarés à la Région wallonne pour l'année 2005 sont représentés en pastille rouge de diamètre proportionnel aux débits captés ;
- ✓ les autres volumes prélevés (privés) sont représentés par des pastilles vertes de diamètre proportionnel aux débits captés
- ✓ pour rendre compte de l'importance des différents sites d'exploitation, des volumes moyens ont été calculé sur les cinq dernières années encodées. Ces volumes correspondent à une moyenne d'exploitation annuelle allant de 2001 à 2005. 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.

9.2.3. Carte des isohypses de la base de l'aquifère de Florenville

Sur cette carte, sont illustrées les isohypses de la base de l'aquifère de Florenville. Cet aquifère constitue la réserve d'eau souterraine la plus importante de la Gaume (Lorraine belge).

Cette carte a pu être dressée d'après :

- ✓ les données consultées dans les fichiers du Service Géologique de Belgique ;
- ✓ les données récentes de forages d'ouvrages (piézomètres, puits,...) réalisés par la S.W.D.E. dans le cadre d'une étude de délimitation des zones de prévention pour les captages de Chassepierre et du Fonds des Saulx ;
- ✓ la carte géologique de Florenville-Izel réalisée par Ghysel et Belanger (2006) ;
- ✓ la consultation de rapports d'études réalisées par la Fondation Universitaire Luxembourgeoise ;
- ✓ Les renseignements obtenus auprès des sociétés de forage.

La carte des isohypses de la base de l'aquifère de Florenville confirme bien la structure tabulaire des formations mésozoïques en Lorraine belge. On observe en revanche une modification sensible au niveau de la direction des couches de part et d'autre du ruisseau de Noire Fontaine (cf. carte des isohypses). Vers l'ouest les couches sont orientées NO-SE et vers l'est, elles ont une direction est-ouest. Le pendage des couches montre une légère inclinaison vers le sud dans la partie est de la carte et vers le sud-ouest dans la partie ouest.

9.3. Coupe hydrogéologique

La coupe hydrogéologique est calquée sur la coupe de la carte géologique de Florenville - Izel réalisée par Ghysel et Belanger (2006). Elle est orientée SSO-NNE, passe par le ruisseau de Williers au sud, puis par la Semois au nord en recoupant la cuesta sinémurienne.

L'exagération des hauteurs d'un facteur 10 permet une meilleure lisibilité des données hydrogéologiques. Le niveau piézométrique (novembre 2002) est reporté en rouge sur la coupe. Celle-ci met en évidence les différentes formations aquifères et aquicludes rencontrées sur la carte.

9.4. Tableau de correspondance : Géologie - Hydrogéologie

La correspondance entre les formations géologiques et les unités hydrogéologique est basée sur la nature lithologique. La description lithologique des formations géologiques fait référence à la carte géologique de Florenville - Izel réalisée par P. Ghysel et I. Belanger (2006). Les caractéristiques hydrogéologiques sont définies en terme de :

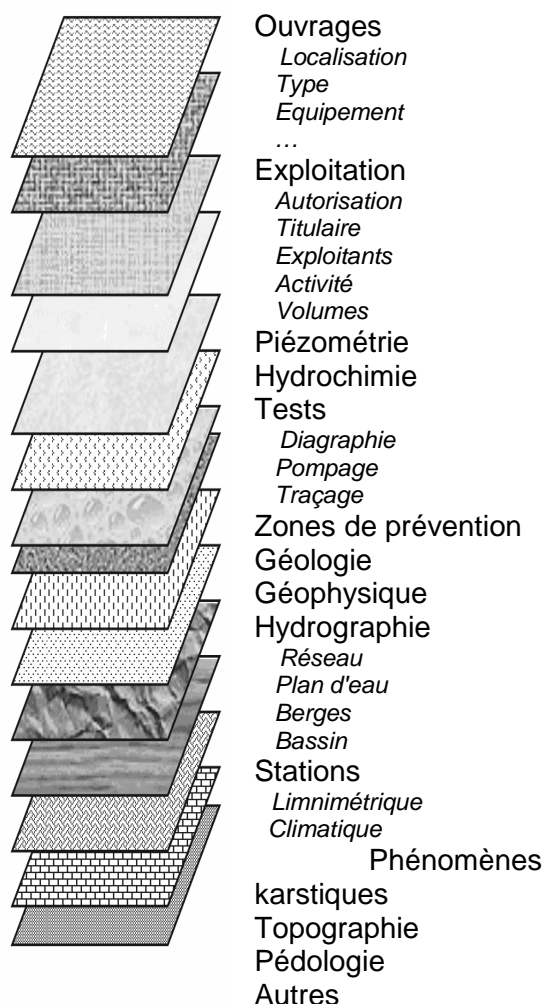
- ✓ **Aquifère** : formation perméable contenant de l'eau en quantité exploitable.
- ✓ **Aquitard** : formation géologique de nature plutôt imperméable et semi-captive dans laquelle l'écoulement se fait à une vitesse beaucoup plus réduite que dans un aquifère.
- ✓ **Aquiclude** : corps (couches, massif) de roches saturées, très faiblement conducteur d'eau souterraine, dont on ne peut extraire économiquement des quantités d'eau appréciables.

10. 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 10.1). 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".

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

Type d'information



Sources d'information

Région wallonne
 Service Géologique de Belgique
 Sociétés de distribution 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 10.1 : Liste non exhaustive des différents types d'information et des sources de données utilisées dans la réalisation de la carte hydrogéologique

10.1. Collecte de données

La première étape de la réalisation de la carte hydrogéologique est la collecte de données auprès de sources multiples et variées. Les principales sources d'informations qui ont servi à la réalisation de la carte hydrogéologique de Florenville - Izel sont :

- ✓ la base de données Dix-sous de la Région wallonne 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 par la Région,
- ✓ la base de données Calypso de la Région wallonne qui renseigne sur l'aspect qualitatif des eaux,
- ✓ la Division Eau de la Région wallonne - Section de Marche-en-Famenne, où sont regroupées bon nombre d'informations relatives aux prises d'eau recensées en province de Luxembourg,
- ✓ la Société Wallonne de Distribution d'Eau (S.W.D.E.) qui dispose de données hydrogéologiques et hydrochimiques notamment,
- ✓ les archives géologiques et hydrogéologiques du Service Géologique de Belgique (S.G.B.),
- ✓ la D.G.R.N.E. qui a fourni la couche des zones de prévention arrêtées ou à définir, les données de la trame commune (réseau hydrographique, limites des bassins versants, agglomérations ...).
- ✓ l'Institut Géographique National (I.G.N.) pour les fonds topographiques,
- ✓ autres.

10.1.1. Données géologiques

La carte géologique de Florenville - Izel 67/7-8 qui a servi de base pour la réalisation de la carte hydrogéologique, a été établie par P. Ghysel et I. Belanger en 2006 pour le Ministère de la Région wallonne (D.G.R.N.E.).

Au Service Géologique de Belgique, 55 forages sont décrits au droit de la carte Florenville-Izel (67/7-8). Certains de ces sondages ont été publiés dans le rapport numéro 2 du Service géologique de Belgique, (Devleeschouwer et Boulvain, 1997) et ont fait l'objet d'une étude détaillée (Boulvain et al. 2000).

De nombreuses descriptions proviennent notamment des études hydrogéologiques précédentes réalisées par la F.U.L., et d'autres proviennent de notes de terrain de la société de forage Arnould.

Des forages ont été réalisés dans le cadre d'une étude menée par la S.W.D.E. pour délimiter les zones de prévention à proposer à la Région wallonne pour les captages de Chassepierre et du Fonds des Saulx (Rapport S.W.D.E., 1998).

10.1.2. Données hydrogéologiques

Localisation des ouvrages et sources

Sur la carte de Florenville – Izel, 213 ouvrages de prise d'eau et sources ont été recensés en 2007, encodés dans la base de données (*BDHYDRO*) et reportés sur la carte à 1/25.000. Parmi ces ouvrages on trouve :

- ✓ 129 puits privés qui sont principalement des puits de prairie sollicitant l'aquiclude à niveaux aquifères de Jamoigne, mais aussi d'autres puits plus importants notamment dans l'aquifère de Florenville,

- ✓ 2 puits pour la production d'eau de distribution publique d'eau potable,
- ✓ 14 galeries pour la production d'eau de distribution publique d'eau potable,
- ✓ 4 drains,
- ✓ 17 piézomètres,
- ✓ 47 sources.

Les données proviennent des sociétés de distribution d'eau, des documents d'études réalisées par la F.U.L., de la banque de données de la Région wallonne ou récoltées sur le terrain.

Données piézométriques

Une partie des données piézométriques a été communiquée par la Région wallonne. Ces données ont été complétées par des mesures réalisées dans le cadre des études sur les aquifères du Siménumien (Debbaut et Vender Borgh, 1988 et Masson et al. 1993). D'autres mesures proviennent de la S.W.D.E. Par ailleurs, deux campagnes de relevés piézométriques ont été effectuées pendant la période de hautes et de basses eaux. Les données collectées ont permis de tracer les izopièzes de l'aquifère de Florenville.

10.1.3. Données hydrochimiques

La plupart des données hydrochimiques étaient disponibles dans des rapports d'études hydrogéologiques précédentes réalisées à la F.U.L. (Debbaut et Vender Borgh, 1988 et Masson et al. 1993). De nombreuses autres données ont été fournies par la Région wallonne. Quelques autres analyses ont été communiquées par la S.W.D.E.

10.2. Campagne sur le terrain

Un travail important est mené sur le terrain afin de vérifier, compléter et parfois corriger les données collectées. 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.

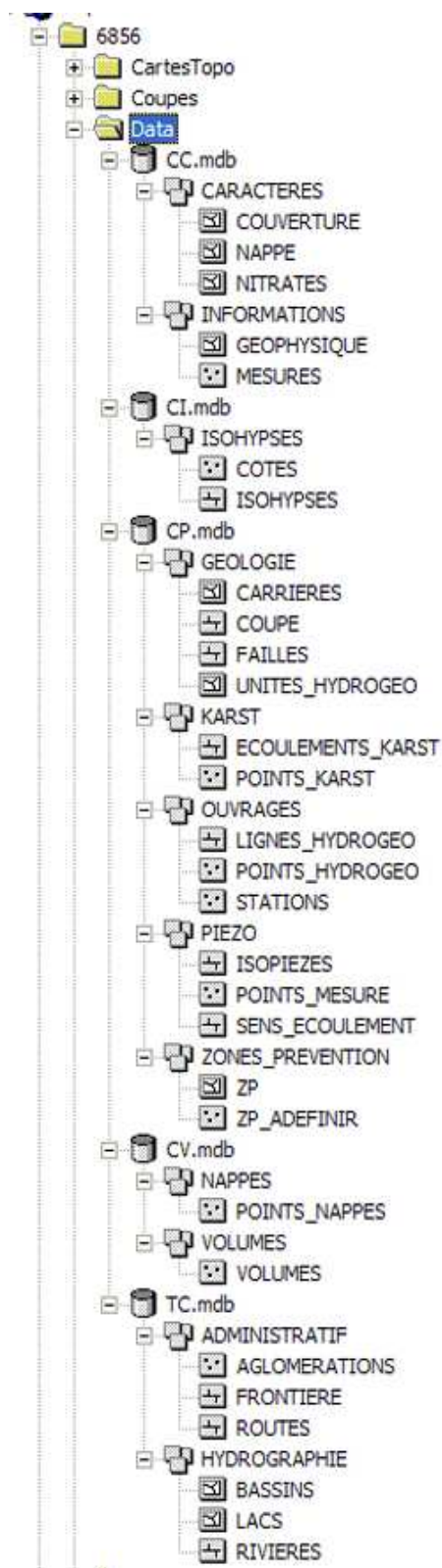
Les tâches les plus importantes sur le terrain consistent à la localisation précise de tous les ouvrages, à la mesure piézométrique quand c'est possible et à la vérification du type d'ouvrage. En plus de ce travail, d'autres données techniques, telles que les équipements des puits et le diamètre des forages, sont également encodées quand elles sont disponibles.

10.3. Méthodologie de construction de la carte

10.3.1. Encodage dans une banque de données

De telles données, aussi complexes et plus ou moins abondantes, nécessitent une organisation structurée de manière à optimiser leur stockage, leur gestion et leur mise à jour. Ainsi une banque de données hydrogéologique géorelationnelle a été développée sous Access (Microsoft) (Gogu et al. 2001). Cette première version de la banque de données BDHydro a été régulièrement améliorée par les auteurs de la carte en fonction de leurs besoins.

Dans un souci d'homogénéité entre les équipes et d'autres institutions (dont l'administration wallonne, D.G.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 devaient être disponibles dans une seule base de données centralisée.



Par ailleurs, le travail cartographique proprement dit a été précédé par le développement d'une 'personal geodatabase' dans Arc-GIS-ESRI. Cette base de données a été structurée pour répondre au schéma de la version papier du poster sous format A0 qui sera illustré plus loin. Ainsi l'ensemble des couches d'informations qui composent le projet de la carte hydrogéologique est stocké selon un modèle unique (schéma ci-contre). 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 très 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,
- ✓ 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.

10.3.2. Construction de la carte hydrogéologique

Cette dernière étape est réalisée à l'aide d'un SIG-logiciel (Système d'Information Géographique). Il s'agit d'un logiciel combinant le graphisme et la gestion des bases de données alphanumériques et géo-graphiques (c.-à-d. à référence spatiale), offrant des fonctionnalités d'analyse spatiale (Pantazis & Donnay, 1996). La carte hydrogéologique est réalisée avec ArcGIS-ESRI.

Figure 10.2 (ci-contre) : Structure de la Personal Geodatabase (PGDB) du projet de la carte hydrogéologique de Wallonie.

Les couches d'information (layers) utilisées dans la construction d'une carte hydrogéologique (figure 10.2) sont intégrées au projet cartographique par différentes manières (figure 10.3) :

- ✓ Les données récoltées sous forme de couches numérisées (fichier vecteur) sont extraites pour chaque carte, ensuite stockées dans la "personal geodatabase" et enfin projetées sur la carte. C'est le cas des *zones de prévention* et de la *trame commune*. Celle-ci comporte des données hydrographiques (*réseau hydrographique, berges, bassins versants et lacs*) et administratives (*réseau routier et autoroutier, localisation des agglomérations, frontières, etc.*).
- ✓ Les informations reçues sous forme d'image sont soit des documents papiers, soit des images 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.

D'autres images géo-référencées seront digitalisées pour produire des couches numérisées qui seront directement stockées dans la *PGDB*. Dans cette catégorie se trouvent des couches d'informations comme les *lignes hydrogéologiques (galeries et drains)*, les *zones de prospection géophysiques*, les *failles*, etc.

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* :

Les unités hydrogéologiques sont définies principalement sur base de la lithologie des formations géologiques mais aussi sur des critères piézométriques et géométriques. Dans certains cas, plusieurs formations géologiques superposées sont groupées en une seule unité hydrogéologique en tant qu'aquifère, aquiclude ou aquitard, selon leurs caractéristiques hydrogéologiques. Dans d'autre cas, la même formation géologique peut être scindée en plusieurs niveaux aquifères si elle est entrecoupée par des niveaux aquicludes suffisamment imperméables.

Sur la carte des unités hydrogéologiques figurent les unités à l'affleurement. Une bonne compréhension de cette carte doit tenir compte des coupes géologiques et hydrogéologiques 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 la couverture d'une nappe est déterminé sur base de la lithologie des formations géologiques qui affleurent sur la carte géologique. Plusieurs possibilités sont alors envisagées : nappe à l'affleurement, nappe sous couverture perméable, nappe sous couverture imperméable et nappe sous couverture semi-perméable. Dans le cas de la superposition de plusieurs nappes, c'est la couverture de la nappe principale qui est considérée et dans d'autres cas, c'est la couverture de la nappe supérieure qui est représentée.

- ✓ Les données ponctuelles, encodées dans la BDHYDRO (base de données hydrogéologique), 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 *PGDB* 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, traçage et diagraphie)*, les *volumes prélevés sur une année*, les *points karst*, les *cotes isohypses ponctuels*, les *stations (climatiques et limnimétriques)* et les *zones de prévention à définir*.

- ✓ D'autres couches d'informations géographiques sont créées dans le projet cartographique par interpolation ou extrapolation de données. C'est le cas des isopièzes, des isohypses et du caractère hydraulique des nappes.

Les isopièzes sont tracés 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 en question. La couche est stockée dans la *PGDB* sous "*ISOPIEZE*". Si par contre, les cotes piézométriques ne sont pas suffisamment bien réparties sur la carte, ou si la nappe n'est pas continue, il est très difficile de tracer des isopièzes. Dans ce cas, seuls des cotes ponctuelles sont présentés sur la carte avec la mention de la date de mesure.

Les isohypses sont tracés 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 extrapolés. La couche est stockée dans la *PGDB* sous "*ISOHYPSES*". Dans le cas des structures plissées et faillées, il est très souvent difficile de tracer de tels isohypses.

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.

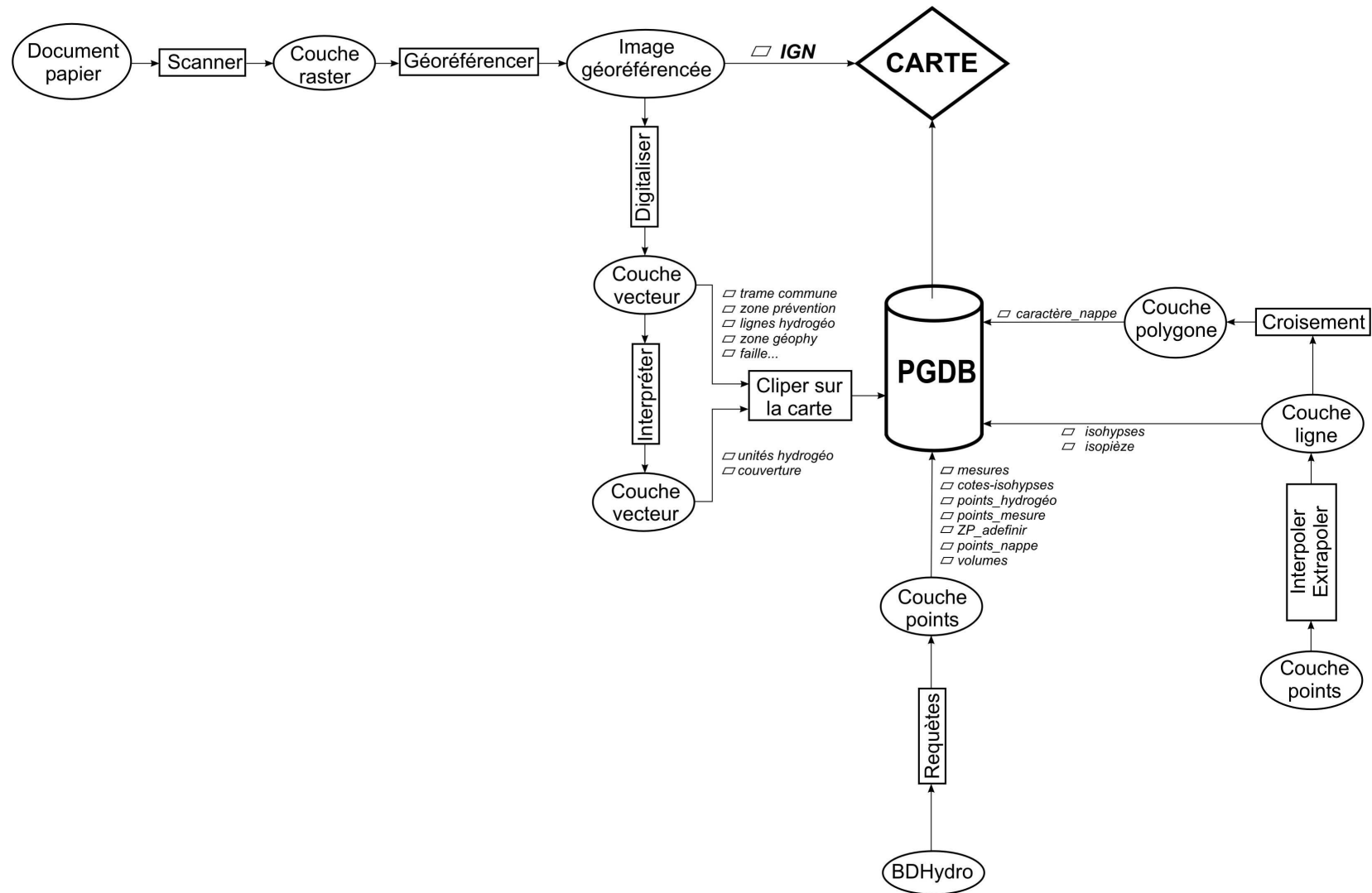


Figure 10.3 : Organigramme de la construction de la carte hydrogéologique

11. Bibliographie

ADLOFF, M. C. & DOUBINGER, J., 1982 : Étude palynologique du Rhétien et de l'Hettangien de cinq sondages situés dans les environs de Mersch (Luxembourg). Bull. Inf. Géol. Bassin de Paris, 19, 2 : pp. 9-20.

ASSELBERGHS, E., (1946). *L'éodévonien de l'Ardenne et des régions voisines*. Mem. Inst. Géolog. Univ. Louvain, t. XIV, pp. 111-123.

Belliere et Groessens, 2006. <http://www.geologie-info.com/articles.php?Article=Composantes>, visité en Février 2006.

BOCK, H., 1989 : Ein Modell zur Beckenausdehnung und Fazieszonierung am Westrand der Eifeler Nord-Süd Zone während der Trias und zur Transgression des Unteren Lias am Ardennensüdrand. Dissertation inédite. Fakultät f. Berbau, Hüttenwesen u. Geowiss. Rhein.-Westfäl. Techn. Hochsch. Aachen., 417 p.

BOULVAIN F., DELSATE D., GULINCK M., HERMAN J., LAGA P., MAUBEUGE P.L ET VANDENVEN 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., 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., 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*, 3 (1-2), 3-33.

BOULVAIN F. ET PINGOT, J.L., 2006. Une introduction à la Géologie de la Wallonie. <http://www.ulq.ac.be/geolsed/geolwal/geolwal.htm>. Visité en Novembre 2006

De MOOR G. & PISSART A., 1992. Les formations de relief. In : Géographie de la Belgique, J. Denis. Ed. Crédit Communal de Belgique, pp. 129-216.

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.

DERYCKE F., LAGA, P.G. ET NEY BERGH, H. (1982). Bilan des ressources en eau souterraine de la Belgique. Commission des Communautés Européennes. Service de l'Environnement et de la Protection des consommateurs, 260 pp (non publié).

DEVLEESCHOUWER X. & F. BOULVAIN, 1997. Service Géologique de Belgique, Internal Report N° 2, 1997. Inventaire systématique des sondages. Planchettes 214W à 226^E (Lorraine Belge).

DUFFIN, C.J., COUPATEZ, P., LEPAGE, J.C. & WOUTERS, G., 1983 : Rhaetian (Upper Triassic) marine fauna from "Le Golfe de Luxembourg" in Belgium (Preliminary note). Bull. Soc. Belge Géol., t. 92, 4, pp. 311-315.

DUFFIN, C.J. & DELSATE, D., 1993 : Upper Triassic vertebrate fauna from Attert (Province of Luxembourg, Belgium). In : Herman, J. (Ed) : Elasmobranches et stratigraphie. Geol. Surv. Belgium. Prof. Paper, t. 264 : pp. 33-44.

Elsevier's Dictionary of Environmental Hydrogeology, Elsevier, 1990

GHYSEL, P., MONTEYNE, R., LALOUX, M., BOULVAIN, F. & DELSATE, D., (2002). *Carte géologique de Wallonie, Etalle-Tintigny 68/5-6*. Notice explicative 41 pp.

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.

GODEFROID, J., BLIECK, A., BULTYNCK, P., DEJONGHE, L., GERRIENNE, P., HANCE, L., MEILLIEZ, F., STAINIER, P. ET STEEMANS, P., 1994. *Les formations du Dévonien inférieur du Massif de la Vesdre, de la fenêtre de Theux et du Synclinorium de Dinant (Belgique-France)*. Mem. Expli. Carte géol. Minières Belgique, 38 144 p. Bruxelles.

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.

GOGU R.C., Carabin G., Hallet V., Peters V. and Dassargues A. (2001). GIS-based hydrogeological database and groundwater modelling. *Hydrogeology Journal* 9 : 555-569

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.

PANTAZIS D. & DONNAY J.P., 1996. Conception de S.I.G. : Méthode et formalisme. Collection Géomatique, Hermes, Paris, 352 p.

Rapport technique S.W.D.E., 1998. Réalisation de trois piézomètres *PZ1* à *PZ3* et de quatre puits de reconnaissance *PR1* à *PR4* à Florenville (Chassepierre) dans le cadre de l'étude des zones de prévention des prises d'eau de Chassepierre village, Wanson G1, Fonds des Saulx G1 et G2.

RAUSCHER, R., HILLY, J., HANZO, M. & MARCHAL, C., 1995 : Palynologie des couches de passage du Trias supérieur dans l'Est du Bassin Parisien. Problèmes de datation du « Rhétien » de Lorraine. *Sc. Géol. Bull.*, t. 48, pp.159-185.

ROCHE, M., 1994 : Palynologie et palynofaciès du Rhétien (Trias supérieur) du nord-est du Bassin de Paris., Univ. Liège, Ph. D. Thesis, inédit, 138 p

SCHUURMANS, W. M. L., 1977 : Aspect of late Triassic palynology. 2-Palynology of the grès et schiste à *avicula contorta* and argile de Levallois (Rhaetian) of the Northeastern of France and Southern Luxemburg. *Rev. Palaeobot. & Palyno.*, t. 23, pp. 159- 253.

SOUCHEZ, R. 1963. Sonderdruck aus (ERDKUNDE, Archiv für wissenschaftliche Geographie), Band XVII, Lfg. ¾, Bonn.

STEEMANS, P., 1989. Etude palynostratigraphique du Dévonien onférieur dans l'ouest de l'Europe. *Mémoires pour servir à l'explication des cartes géologiques et minières de la Belgique*, 27, 453 pp.

Annexe 1

Liste des abréviations

- ArGEnCO.** : Université de Liège, Département ArGEnCO , GEO-Hydrogeology, Bâtiment B52/3, niveau -1, Sart-Tilman, B-4000 Liège Belgique
- D.G.R.N.E.** : Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Ministère de la Région wallonne. Avenue Prince de Liège, 15 à 5100 Namur
- F.U.L.** : 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.
- I.G.N.** : Institut Géographique National.
Abbaye de la Cambre 13 à 1000 Bruxelles
- I.R.M.** : Institut Royal Météorologique, Section Climatologie.
Avenue Circulaire, 3 à 1180 Bruxelles
- R.W.** : Région wallonne
- S.G.B.** : Service Géologique de Belgique.
Rue Jenner 13 à 1000 Bruxelles
- S.W.D.E.** : Société Wallonne de Distribution d'Eau.
Rue de la Concorde, 41 à 4800 Vervier

Annexe 2

Carte de localisation

Carte de localisation

