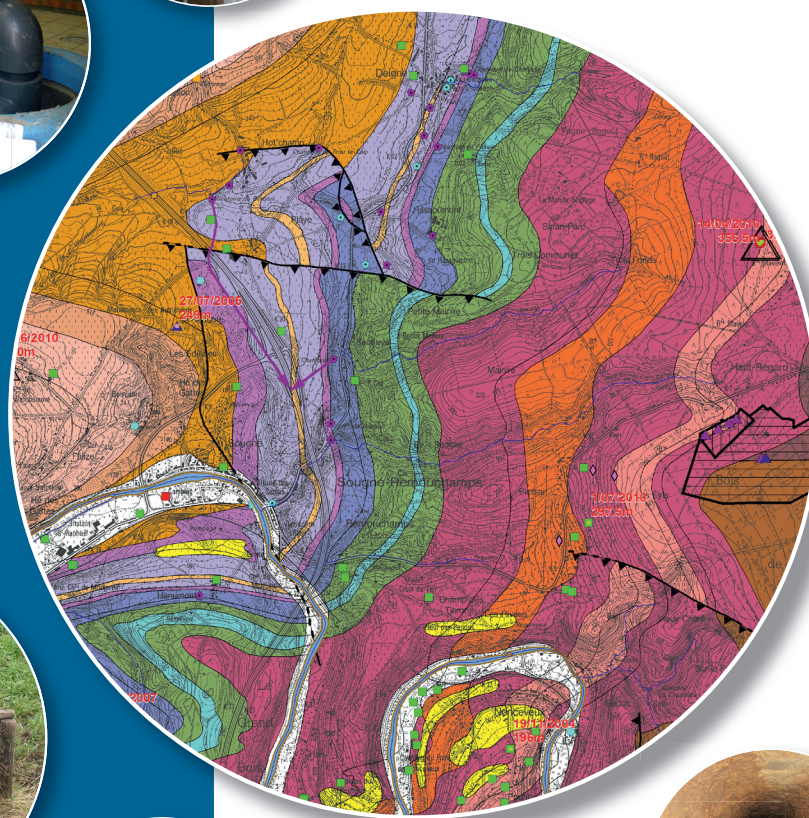


Notice explicative

CARTE HYDROGÉOLOGIQUE
DE WALLONIE

Echelle : 1/25 000



Photos couverture © SPW-DGARNE(DGO 3)

Fontaine de l'ours à Andenne

Forage exploité

Argillère de Celles à Houyet

Puits et sonde de mesure de niveau piézométrique

Emergence (source)

Essai de traçage au Chantoir de Rostenne à Dinant

Galerie de Hesbaye

Extrait de la carte hydrogéologique de Louveigné - Spa



LOUVEIGNÉ - SPA

49/3-4

Ingrid **RUTHY**, Alain **DASSARGUES**

Université de Liège
Sart-Tilman - Bâtiment B52 B-4000 Liège (Belgique)



NOTICE EXPLICATIVE

2014

Première version : Mars 2012
Actualisation partielle : Mai 2014

Dépôt légal – **D/2014/12.796/9** - ISBN : **978-2-8056- 0162-0**

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

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

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

Table des matières

AVANT-PROPOS.....	4
I. INTRODUCTION.....	6
II. CADRES GEOGRAPHIQUE, HYDROGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET PEDOLOGIQUE.....	7
III. CADRE GEOLOGIQUE	14
III.1 CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL.....	14
III.2 CADRE GEOLOGIQUE DE LA CARTE	15
III.2.1 Carte lithostratigraphique.....	15
III.2.1.1 Formations du Paléozoïque.....	16
III.2.1.2 Formations du Mésozoïque et du Cénozoïque.....	21
III.2.2 Cadre structural	23
IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE.....	26
IV.1 DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES.....	26
IV.1.1 Unités hydrogéologiques du Cambro-Silurien.....	27
IV.1.1.1 Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien.....	27
IV.1.1.2 Aquiclude à niveaux aquitards du socle cambro-silurien.....	27
IV.1.1.3 Aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien	27
IV.1.2 Unités hydrogéologiques du Dévonien.....	28
IV.1.2.1 Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.....	28
IV.1.2.2 Aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur	28
IV.1.2.3 Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur	28
IV.1.2.4 Aquitard de l'Eifelien (Couvinien).....	28
IV.1.2.5 Aquifère de l'Eifelien (Couvinien).....	29
IV.1.2.6 Aquifères des calcaires du Givetien et du Frasnien	29
IV.1.2.7 Aquitards du Frasnien et du Famennien.....	29
IV.1.2.8 Aquicludes du Frasnien et du Famennien	30
IV.1.2.9 Aquifère des grès du Famennien.....	30
IV.1.3 Unités hydrogéologiques du Carbonifère	30
IV.1.3.1 Aquifère – Aquitard – Aquiclude de l'Hastarien	31
IV.1.3.2 Aquifère d'Hastière.....	31
IV.1.3.3 Aquiclude des schistes du Carbonifère	31
IV.1.3.4 Aquifère des calcaires du Carbonifère.....	32
IV.1.3.5 Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller.....	32

IV.1.4	Unités hydrogéologiques du Cénozoïque.....	33
IV.1.4.1	Aquifère des sables de remplissage.....	33
IV.1.4.2	Aquifère des terrasses fluviales.....	33
IV.1.4.3	Aquitard limoneux.....	33
IV.1.4.4	Aquifère alluvial.....	33
IV.2	DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE DE LA CARTE.....	36
IV.2.1	Aquifères des calcaires du Carbonifère et du Dévonien.....	37
	Synclinorium de Dinant	38
	Fenêtre de Theux	39
	Phénomènes karstiques	40
IV.2.2	Aquifère des grès du Famennien.....	54
IV.2.3	Unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur.....	56
	Ardenne (sensu stricto)	56
	Fenêtre de Theux	58
IV.2.4	Unités hydrogéologiques du socle cambro-silurien.....	59
	Eaux minérales de Spa	60
IV.2.5	Coupe hydrogéologique.....	62
IV.2.6	Piezométrie de la carte Louveigné-Spa.....	63
V.	CADRE HYDROCHIMIQUE	65
V.1	CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX.....	67
V.1.1	Généralités.....	67
V.1.2	Aquifères des calcaires du Carbonifère et du Dévonien.....	68
V.1.3	Unités hydrogéologiques schisto-gréseuses du Famennien.....	70
V.1.4	Unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur.....	71
V.1.5	Unités hydrogéologiques du socle cambro-silurien.....	72
V.2	PROBLEMATIQUE DES NITRATES.....	74
V.3	QUALITE BACTERIOLOGIQUE.....	77
V.4	PESTICIDES.....	77
V.5	AUTRES PARAMETRES.....	78
VI.	EXPLOITATION DES AQUIFERES	80
VII.	PARAMETRES D'ECOULEMENT ET DE TRANSPORT	84

VIII. ZONES DE PROTECTION.....	85
VIII.1 CADRE LEGAL.....	85
VIII.2 ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES DE LA SWDE.....	88
VIII.3 ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES DE L'ADMINISTRATION COMMUNALE DE THEUX.....	88
VIII.4 ZONES DE PREVENTION ET DE SURVEILLANCE AUTOUR DES CAPTAGES DE SPADEL S.A. ET DE L'ADMINISTRATION COMMUNALE DE SPA.....	89
IX. METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE.....	92
IX.1 ORIGINES DES INFORMATIONS	92
IX.1.1 Données géologiques et connexes	92
IX.1.2 Données météorologiques et hydrologiques	93
IX.1.3 Données hydrogéologiques	93
IX.1.3.1 Localisation des ouvrages	93
IX.1.3.2 Données piézométriques	94
IX.1.3.3 Données hydrochimiques et tests sur les puits	94
IX.1.4 Autres données.....	95
IX.2 BASE DE DONNEES HYDROGEOLOGIQUES	95
IX.3 POSTER DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE.....	96
IX.3.1 Carte hydrogéologique principale.....	96
IX.3.2 Carte des informations complémentaires et des caractères des nappes	97
IX.3.3 Carte des volumes d'eau prélevés	97
IX.3.4 Tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie'	98
IX.3.5 Coupe hydrogéologique.....	98
X. BIBLIOGRAPHIE.....	99
ANNEXE 1: LISTE DES ABREVIATIONS DES INSTITUTIONS ET ORGANISMES	104
ANNEXE 2: TABLE DES ILLUSTRATIONS	106
ANNEXE 3: CARTE DE LOCALISATION	108
ANNEXE 4: COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE	109

AVANT-PROPOS

La carte hydrogéologique Louveigné-Spa 49/3-4 s'inscrit dans le cadre du programme de cartographie des ressources en eau souterraine de Wallonie, commandé et financé par le Service Public de Wallonie (DGARNE-DGO 3). Cette carte hydrogéologique a été réalisée par l'unité 'Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement' du secteur GEO³ du département ArGEnCo de l'Université de Liège. Le projet a été supervisé par le professeur Alain Dassargues et la carte réalisée par Ingrid Ruthy. La première version de cette carte date de mars 2012¹. L'actualisation de cette carte a été réalisée en 2014 par Ingrid Ruthy. Elle prend en compte les données disponibles dans la base de données "BD-Hydro" (outil de travail commun aux équipes universitaires et à l'administration wallonne (DGARNE)). Ainsi les données concernées sont les zones de prévention, les volumes prélevés, les nouveaux ouvrages déclarés, des données piézométriques nouvelles encodées dans la base de données. Une collecte exhaustive de données complémentaires n'a pas été menée.

Collaborent au projet 'Carte hydrogéologique de Wallonie' l'Université de Mons (UMons, anciennement FPMs), les Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur (UNamur) et l'Université de Liège (ULg) dont le site ULg-Arlon.

La carte hydrogéologique et la base de données associée sont basées sur un maximum d'informations géologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques disponibles auprès de divers organismes. Elle a pour objectif d'informer, dans la limite de la carte, 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.

Les auteurs de la carte hydrogéologiques remercient tous les bureaux d'études actifs dans le domaine de l'environnement qui nous ont fourni des données ainsi que la SWDE. Nous remercions également les agents de la commune de Theux, Jean-Paul Malmendier et Didier Mouchamps, fontainier du Service des Eaux de la commune de Theux pour la visite et l'échantillonnage des captages communaux, ainsi que Patrick Jobé (Spadel s.a.) pour les nombreuses données fournies et Francis Polrot pour les informations sur les phénomènes karstiques. Nous remercions aussi tous les particuliers et industries qui nous ont permis de visiter leur prise d'eau et d'y faire quelques mesures. Pour leur relecture attentive et constructive de la carte et de la notice, nous remercions aussi Sylvie Roland (UMons) et Camille Ek (professeur émérite, ULg).

Par un choix délibéré, toute superposition outrancière d'informations conduisant à réduire la lisibilité de la carte a été évitée. Ainsi, le poster de la carte hydrogéologique de Wallonie est composé d'une carte

¹ Ruthy I. & Dassargues A. (2012). Carte hydrogéologique de Wallonie, Louveigné-Spa, 49/3-4. 1:25000. 1^o version. Namur, Service Public de Wallonie, Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement, 1 notice explicative de 103 p. + annexes

principale au 1/25.000 et de deux cartes thématiques (1/50.000): "Volumes d'eau prélevés" et "Informations complémentaires et caractère des nappes". Sur le poster, on retrouve aussi la coupe hydrogéologique et le tableau litho-stratigraphique.

Les données utilisées pour la réalisation de la carte ont été encodées dans une base de données (FileGeoDataBase) qui a été remise à la Direction des Eaux Souterraines (Département de l'Environnement et de l'Eau, DGO3 DGARNE, SPW).

Depuis mai 2006, la carte hydrogéologique de Wallonie est consultable en ligne via le portail cartographique du Service public de Wallonie. Cette application WebGIS est disponible à l'adresse <http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartehydrogeo>.

I. INTRODUCTION

La carte de Louveigné-Spa est située au cœur de la province de Liège (figure I.1). Ses ressources en eaux sont essentiellement localisées dans les formations carbonatées du Carbonifère et du Dévonien (Frasnien et Givetien). Dans la région de Spa, les eaux logées dans le socle cambro-ordovicien sont largement exploitées par le groupe Spadel pour ses eaux peu minéralisées et ses eaux carbo-gazeuses. La région est aussi très connue pour ses nombreux poughons (sources minérales ferrugineuses naturellement gazeuses).

Les différentes nappes sont exploitées par de nombreux agriculteurs et particuliers ainsi que par quelques industries et carrières. D'importants volumes sont prélevés pour la mise en bouteilles (Spa Monopole, groupe Spadel) ou pour la distribution publique d'eau potable (Commune de Theux, SWDE). Les ressources en eaux souterraines de la région sont également exploitées pour leur qualité thermale et carbo-gazeuse (thermes de Spa).

Dans la partie occidentale de la carte, les phénomènes karstiques sont nombreux, particulièrement dans les calcaires dévoniens. Au nord de Sougné-Remouchamps, se trouve le "vallon des Chantoirs" dont les eaux aboutissent à la grotte de Remouchamps, zone karstique bien connue des spéléologues.



Figure I.1: Localisation de la carte Louveigné-Spa

II. CADRES GEOGRAPHIQUE, HYDROGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET PEDOLOGIQUE

Située à une vingtaine de kilomètres au sud de Liège, la région de Louveigné-Spa compte quelques localités importantes: Spa, Aywaille, Theux, Sprimont (Louveigné). Le paysage de la carte est défini essentiellement par deux ensembles paysagers², eux-mêmes subdivisés en territoires (figure II.1). L'ensemble du Moyen Plateau Condruzien (08) occupe la moitié occidentale de la carte. Cet ensemble est marqué par deux paysages distincts. Au nord, le replat herbager de la région sprimontoise (08030) marque la terminaison orientale du Condroz. Au sud, la Basse Ambliève (08110) est marquée par un dénivelé important (150 m) et de nombreux affleurements rocheux, parfois exploités par des carrières. La moitié orientale est caractérisée par l'ensemble du Haut Plateau de l'Ardenne du Nord-Est (11) dont la Dépression de la Hoëgne et de ses affluents (11020). Ses vallées profondes mais évasées présentent une alternance de vastes prairies sur les reliefs doux et de massifs boisés sur les versants. Deux autres ensembles paysagers sont également présents sur cette carte mais occupant une très petite zone. Au nord, il s'agit de l'ensemble paysager de l'Entre-Vesdre-et-Meuse (04), au sud-ouest de la carte. La partie de la Dépression Fagne-Famenne et sa Bordure Sud (09) exposée sur la carte Louveigné-Spa est caractérisée par des replats. Ce relief de transition, nommé la Calestienne, entre cette dépression et le plateau ardennais culmine généralement au-dessus de 250 m d'altitude (Droeven et al., 2004).

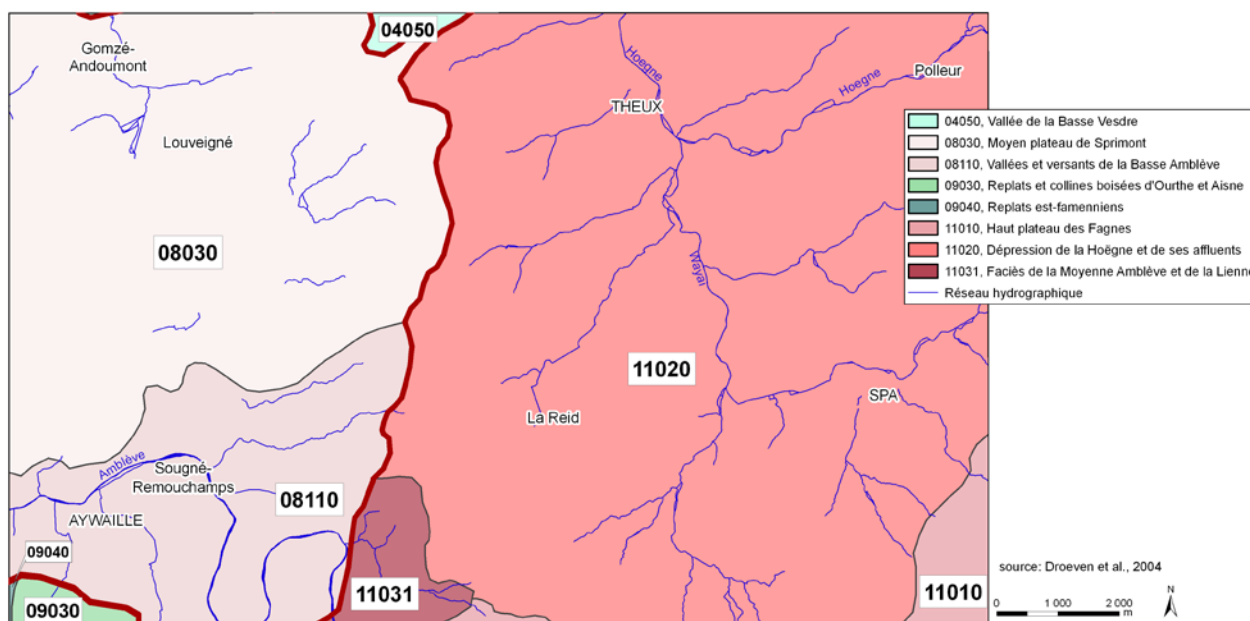


Figure II.1 : Territoires paysagers – Louveigné-Spa

² 76 territoires paysagers regroupés en 13 ensembles sont distingués en Wallonie. Une carte de ces territoires paysagers, accompagnée d'une notice explicative, est disponible auprès du SPW. Les références complètes de cette publication sont données au chapitre XI (Droeven et al., 2004).

Topographiquement, la région de Louveigné-Spa est assez contrastée (figure II.2). La carte est parcourue, du nord au sud, par une ligne de crête séparant le Condroz et le haut plateau de l'Ardenne. Les altitudes sont comprises entre ± 130 m (vallée de l'Amblève en aval d'Aywaille) et ± 560 m au sud-est (amorce du plateau des Hautes-Fagnes). La dépression semi-circulaire (la Fenêtre de Theux) où s'écoulent le Wayai et la Hoëgne est limitée par des abrupts lithologiques marqués, développés dans les roches dures qui l'entourent. Dans la vallée de l'Amblève, au sud-ouest, la vallée du Ninglinspo est également marquée par des versants abrupts.

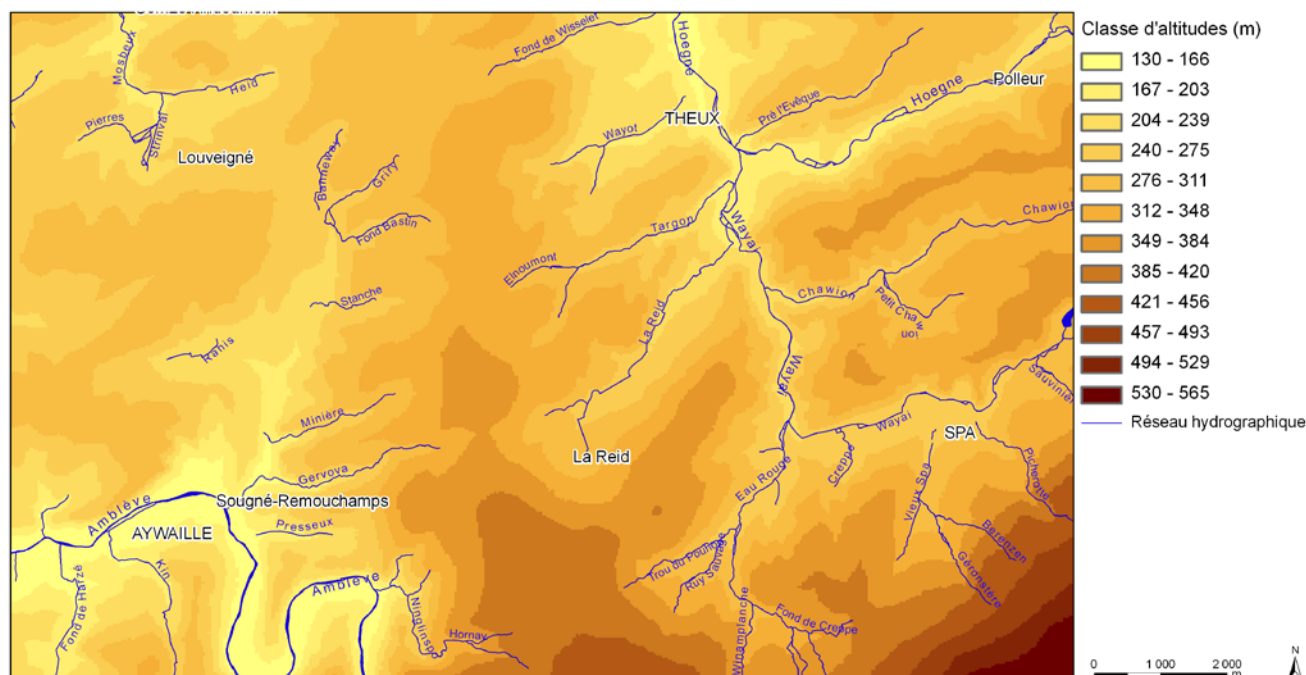


Figure II.2 : Carte du relief – Louveigné-Spa

Le réseau hydrographique de la carte Louveigné-Spa appartient aux deux plus grands sous-bassins de l'Ourthe: Vesdre et Amblève (figure II.3). La majorité de la zone étudiée est située dans le bassin de la Vesdre (± 102 km², soit ± 64 % de la superficie de la carte). Le Wayai rejoint la Hoëgne à Theux. Celle-ci se jette dans la Vesdre à Pepinster. In fine, la Vesdre rejoint l'Ourthe à Chênée. Une petite moitié de la carte (partie ouest) appartient au bassin de l'Amblève qui se jette dans l'Ourthe à hauteur de Comblain-au-Pont. L'Ourthe rejoint, finalement, la Meuse à Liège.

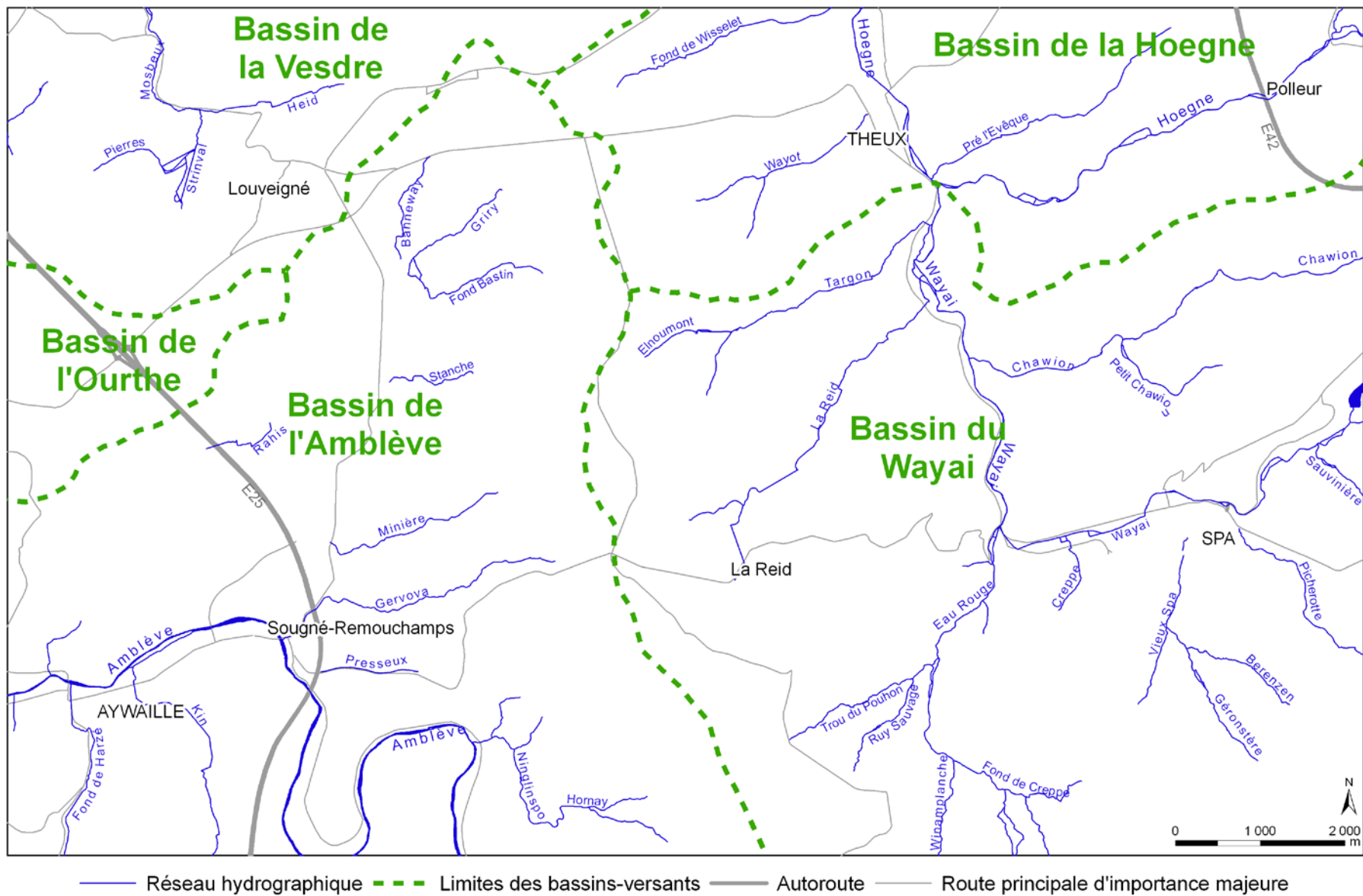


Figure II.3: Réseau hydrographique - Carte Louveigné-Spa

Les figures II.5 et II.4 présentent, respectivement, la carte d'occupation du sol de la région de Louveigné-Spa et la répartition selon les 6 classes du niveau 1. Ces données sont extraites de la carte numérique de l'occupation du sol wallon³. Les forêts et les espaces agricoles sont les catégories les plus représentées. Ils occupent chacun environ 40 % de la superficie de la carte. Le cinquième restant est occupé par les territoires artificialisés et le 'non cadastré'. Cette classe regroupe les réseaux routier, ferroviaire et hydrographique. Les zones forestières sont essentiellement localisées dans la région de Spa (bois de Staneu, Géronstère, Berinzenne...) et sur le relief marquant la transition entre le Condroz et l'Ardenne (avec la Porallée). Les territoires agricoles sont surtout représentés par des prairies permanentes (tableau II.1). Les agglomérations de Spa, Theux, Aywaille sont bien développées. On observe une extension de l'habitat le long des voiries reliant les villages.

Tableau II.1: Répartition détaillée de l'occupation du sol – Territoires agricoles

Territoires agricoles	
Terres arables (terrains qui peuvent être en jachère, cultivés ou labourés)	7,3 %
Surfaces enherbées (prairies permanentes)	89,5 %
Cultures permanentes (principalement des vergers)	1,3%
Friches agricoles	1,9%

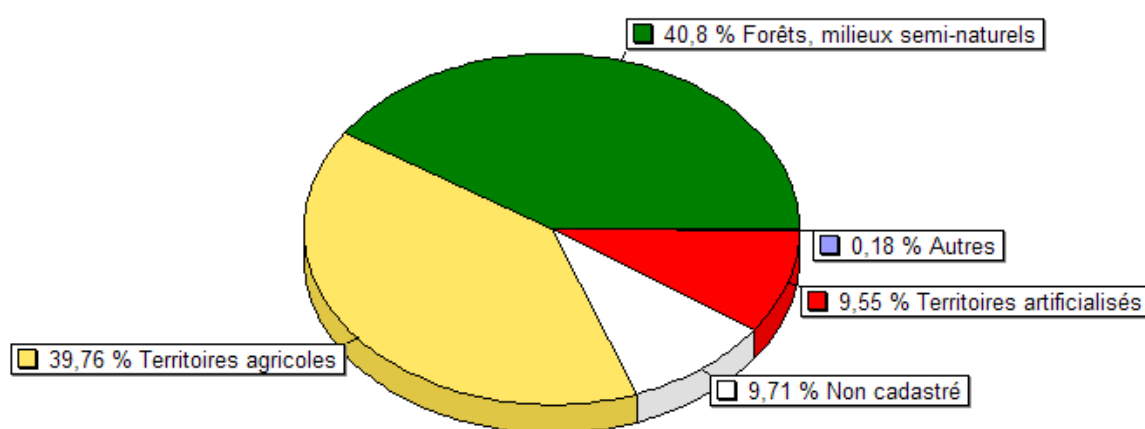
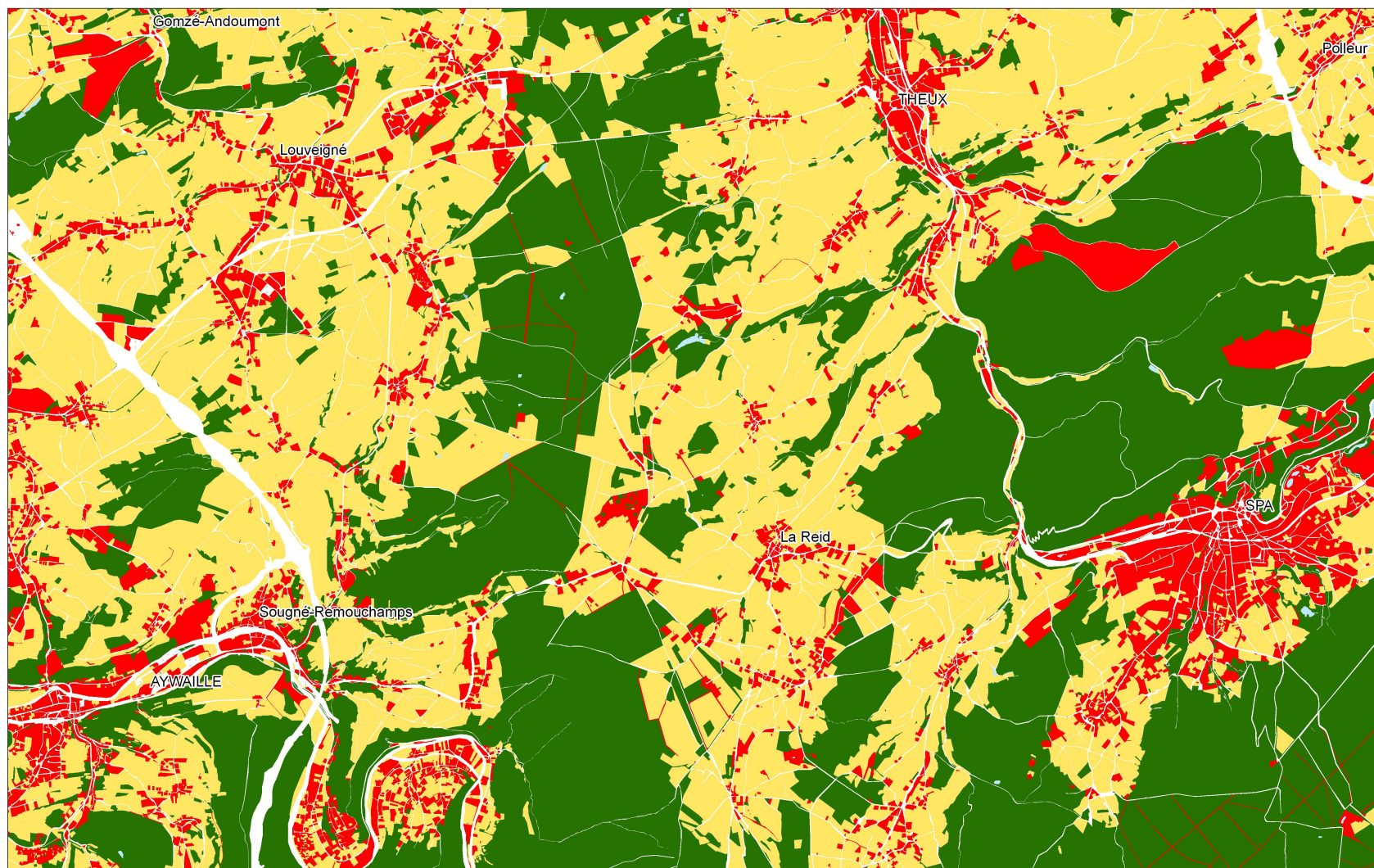


Figure II.4: Répartition de l'occupation du sol - Louveigné-Spa

³ La Carte de l'Occupation du Sol en Wallonie (COSW) est dressée au 1/10 000. Elle est basée sur les données cartographiques vectorielles de la Région wallonne. La couche de base est le PLI (Plan de Localisation Informatique – 1/10.000). On peut considérer en effet qu'il couvre l'ensemble du territoire régional, même si une partie de ce dernier n'est pas « cadastrée » (5 % du territoire wallon). La légende de la COSW est hiérarchisée en 5 niveaux de détails. Le niveau 1, le plus global, comporte 6 classes d'occupation du sol et le niveau 5, le plus détaillé, en contient 97. Pour plus d'informations: <http://cartographie.wallonie.be>

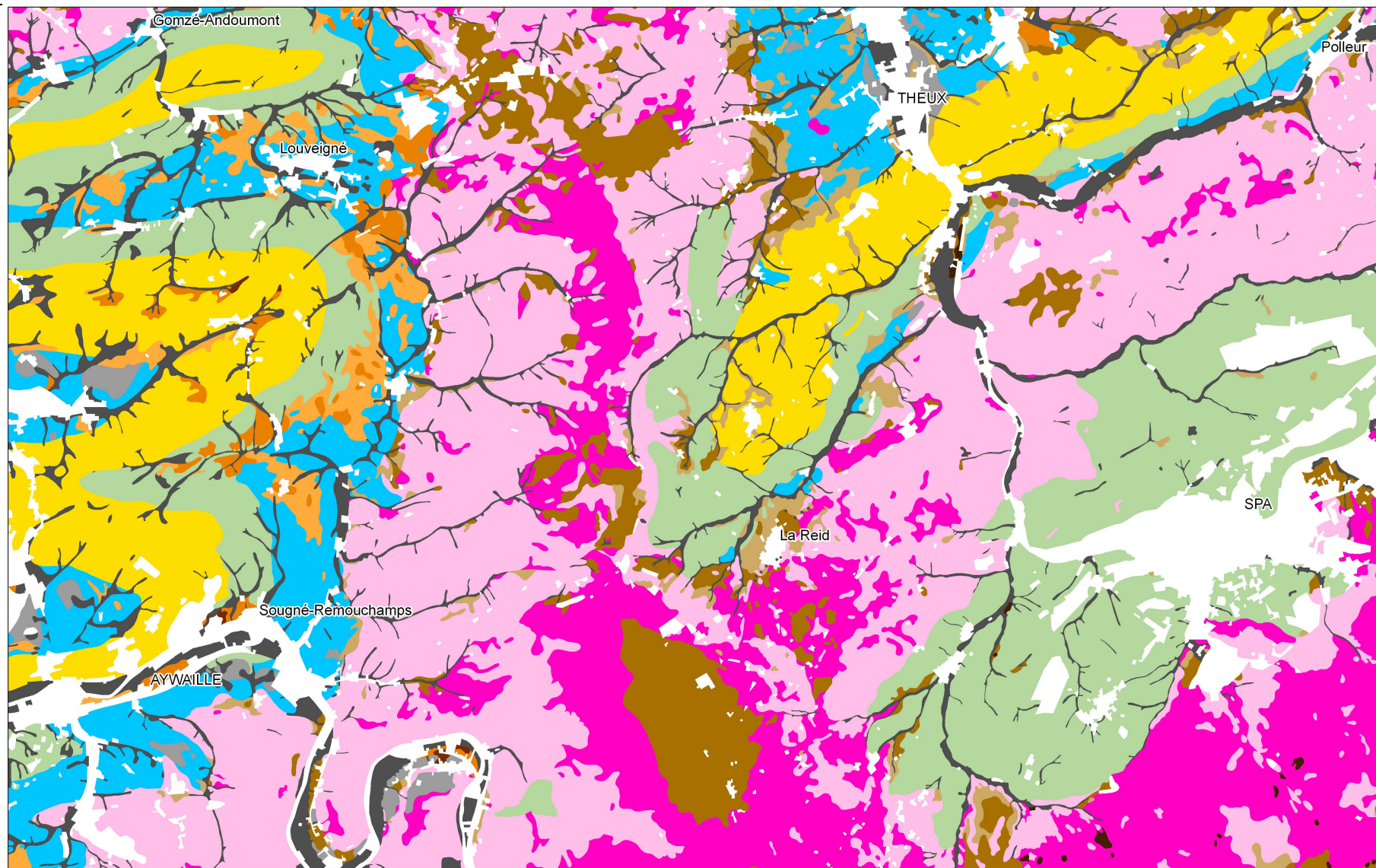


Carte de l'occupation du sol de Wallonie (COSW) - Niveau 1

- | | | | |
|---|---|---|--|
| ■ Territoires artificialisés | ■ Forêts et milieux semi-naurels | ■ Surfaces en eau | □ Non cadastré |
| ■ Territoires agricoles | ■ Zones humides | □ Non classé | |

Source : PCNOSW (GW VIII/2005/doc.1022/28.04/B.L.)(DGA, SPW), couverture : Wallonie

Figure II.5: Occupation du sol - Louveigné-Spa



source : PCNSW (GW VIII/2007/doc.58.12/12.07/B.L. & GW VII/2000/doc. 1331/07.12/JH)(DGA,SPW), couverture : Wallonie

0 2 000 m

La légende de la figure page suivante

Figure II.6: Type de sols - Louveigné-Spa

- Sols tourbeux ou tourbières
- Sols limoneux à drainage naturel favorable
- Sols limoneux à drainage naturel modéré ou imparfait
- Sols limoneux à drainage naturel assez pauvre à très pauvre
- Sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel favorable
- Sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel principalement modéré à assez pauvre
- Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel favorable
- Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel modéré à assez pauvre
- Sols limono-caillouteux à charge schisteuse et à drainage naturel principalement favorable
- Sols limono-caillouteux à charge psammitique ou schisto-psammitique et à drainage naturel principalement favorable
- Sols limono-caillouteux à charge calcaire ou contenant du calcaire et à drainage naturel quasi-exclusivement favorable
- Sols limono-caillouteux à charge de silexite ou de gravier ou de conglomérat et à drainage naturel principalement favorable
- Regroupement de complexes de sols de textures différentes ou sur fortes pentes et de sols de fonds de vallons limoneux ou rocailleux
- Sols artificiels ou non cartographiés

Figure II.7 : Légende de la carte des types de sols – Louveigné-Spa

Les figures II.6 à II.8 concernent la nature du sol de la région de Louveigné-Spa. La carte des sols reflète assez bien la complexité de la géologie locale. Les grandes régions géomorphologiques et structurales sont aisément identifiables. Dans la partie occidentale de la carte, la structure plissée, caractéristique du Condroz, est repérable. Les sols limono-caillouteux à charge gréseuse, schisteux, psammitique ou schisto-gréseuse (donc issues de roches détritiques) représentent le groupe dominant sur la carte Louveigné-Spa. Les bandes calcaires se distinguent facilement. Elles sont mises en évidence via les sols à charge calcaire et à drainage naturel favorable (zones bleues sur la carte de la figure II.6).

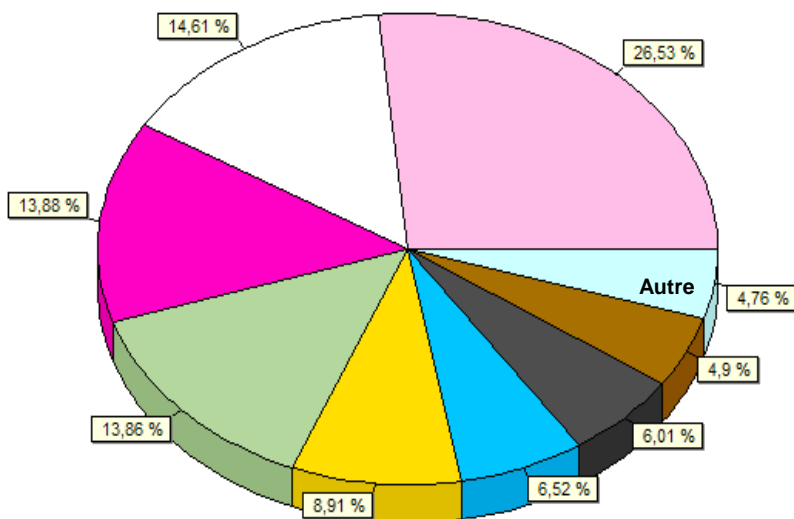


Figure II.8: Répartition des types de sols- Louveigné-Spa

III. CADRE GEOLOGIQUE

III.1 CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL

Le Sud de la Belgique est situé dans la partie occidentale du Massif Schisteux Rhénan. L'Allochtone ardennais, au sud, est charrié sur le Parautochtone brabançon au nord, par une faille importante et complexe, la Faille du Midi, appelée aussi Faille Eifélienne ou Faille d'Aachen selon la région. L'Allochtone ardennais est composé d'un substratum cambro-silurien sur lequel reposent en discordance des formations sédimentaires dévono-carbonifères. L'axe de l'Anticlinorium de l'Ardenne est matérialisé par l'affleurement des Massifs calédoniens de Rocroi, de Serpont et de Stavelot. Ceux-ci séparent le Synclinorium de Neufchâteau-Eifel au sud, des Synclinoria de Dinant et de Verviers, au nord (Meilliez & Mansy, 1990).

Les formations situées sur la carte de Louveigné-Spa appartiennent à trois grandes unités géologiques de la Wallonie: la terminaison orientale du Synclinorium de Dinant, le Massif de Stavelot et la Fenêtre de Theux (figure III.1).

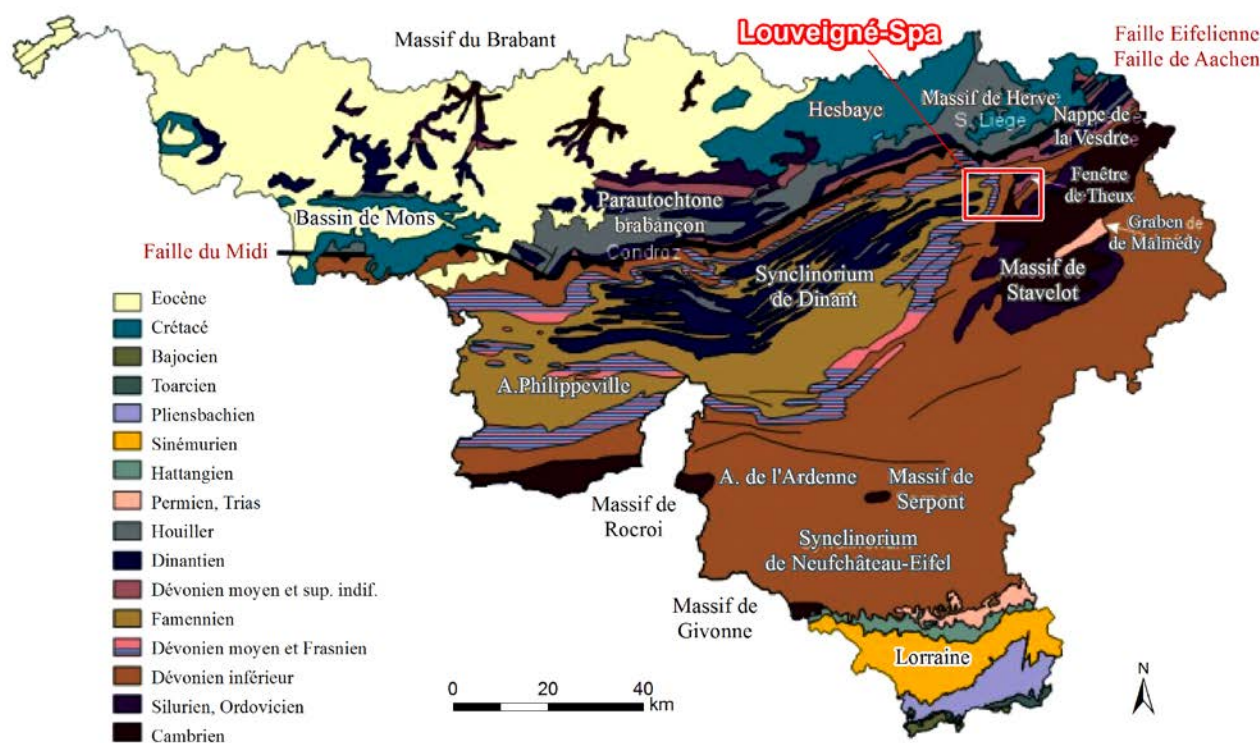


Figure III.1: Localisation de la carte géologique de Louveigné-Spa (Boulvain & Pingot, 2012, modifié)

Le Synclinorium de Dinant est constitué de manière caractéristique d'une succession d'anticlinaux à noyau famennien et de synclinaux à cœur carbonifère. Ces formations dévono-carbonifères ont été plissées et faillées lors de l'orogénèse varisque à la fin du Westphalien. Lors de cette phase orogénique, le Synclinorium de Dinant a été charrié vers le nord sur le Parautochtone brabançon par le jeu de la Faille Eifélienne dont une grande faille satellite est connue dans la région de Theux-Spa sous le nom de faille de Theux. L'érosion de ce massif charrié, appelé aussi *nappe du Condroz*, a fait apparaître, au sein de cette entité, les terrains autochtones. Cette zone porte le

nom de Fenêtre de Theux. L'Anticlinorium de l'Ardenne expose principalement des formations du Dévonien inférieur discordantes sur le Paléozoïque inférieur. A l'est, il trouve son prolongement dans le Massif de Stavelot dont les formations datent du Cambro-Ordovicien. Celui-ci est constitué de deux anticlinaux majeurs plissés et fracturés.

Les roches affleurant sur la carte Louveigné-Spa s'étagent du Cambrien au Carbonifère avec une importante discordance de stratification au Silurien. Après pénéplanation, tous ces terrains ont été recouverts par des dépôts du Cénozoïque. Quelques lambeaux oligocènes occupent les sommets ou remplissent les poches karstiques dans les calcaires.

III.2 CADRE GEOLOGIQUE DE LA CARTE

III.2.1 Carte lithostratigraphique

La description des formations géologiques fait référence à la carte géologique n°148 Louveigné-Spa dressée au 1/25.000 par Fourmarier (1958). Cette carte géologique sert de fond à la carte hydrogéologique. A la demande du comité de lecture des nouvelles cartes géologiques, les dénominations utilisées, ici, n'ont pas été actualisées, la nouvelle échelle lithostratigraphique de la région n'ayant pas encore été établie.

Pour les anciennes cartes géologiques, l'unité de base est «l'assise». La subdivision en assises correspondait à un découpage basé sur la biostratigraphie et le chronostratigraphie alors qu'aujourd'hui, les nouvelles cartes géologiques se basent sur la lithostratigraphie. Plus d'informations sur la nouvelle échelle stratigraphique de Belgique peuvent être trouvées dans Bultynck & Dejonghe (2001). De plus, une redéfinition des unités structurales du front varisque peut être trouvée dans Belanger *et al.* (2012).

En outre, certains termes, anciens et locaux, ne sont plus très usités dans la terminologie actuelle (Dejonghe, 2007):

- *Macigno*: mot utilisé dans le passé en Belgique pour désigner des grès à ciment argilo-calcaire.
- *Psammite* : mot utilisé jadis en Belgique pour désigner des grès micacés largement employés en construction. La forte proportion de paillettes de micas, disposés en lits parallèles, leur confère une aptitude à se débiter en feuillets.
- *Schiste* : roche argileuse de la classe des lutites⁴, consolidée, ayant pris une schistosité.

⁴ Lutites: ensemble des roches sédimentaires détritiques dont les éléments sont de diamètre inférieur à 1/16 mm (62,5 µm)

III.2.1.1 Formations du Paléozoïque

Dans sa description des terrains paléozoïques, Fourmarier (1958) a distingué deux zones: la Nappe du Condroz et la Fenêtre de Theux (au sens large) (figure III.2). Ce choix a été guidé par les faciès différents des roches de ces deux entités. La description lithostratigraphique ci-dessous tient compte de cette distinction.



Figure III.2 : Cadre tectonique simplifié (d'après Fourmarier, 1958)

III.2.1.1.1 Cambrien

Dans la région étudiée, les roches du Cambrien, ainsi que celles de l'Ordovicien, appartiennent au Massif de Stavelot. Elles sont davantage présentes dans la partie orientale de la carte Louveigné-Spa, où les affleurements sont plus nombreux et souvent de meilleure qualité.

Revinien (Rn)

Nappe du Condroz: cet étage est composé essentiellement de phyllades noirs, avec des bancs de quartzites bleu-noir, à veines de quartz et parfois de quartzophyllades.

Fenêtre de Theux: Rn2: quartzites (gris-bleu) et phyllades (noir). Dans l'assise Rn2a, les quartzites sont en bancs minces, tandis qu'ils sont en gros bancs au sein de Rn2b. Rn3: phyllades noirs assez fin, s'altérant en jaune, blanc ou rose. Quelques bancs de quartzites bleus se retrouvent en lentilles, ainsi que des phyllades rubanés.

A titre indicatif, Rn2a, Rn2b, Rn3 correspondent respectivement au Rv3, Rv4 et Rv5 de Geukens (1986; 1999).

III.2.1.1.2 Ordovicien

Salmien (Sm)(Tremadocien)

Nappe du Condroz: cet étage est composé de quartzophyllades zonaires de plus en plus schisteux vers le bas.

Fenêtre de Theux: Sm1a: phyllade sombre souvent finement zonaire, avec des minces intercalations siliceuses. Sm1b: quartzophyllade zonaire micacé, en bancs moins épais et moins schisteux vers le bas de l'assise.

III.2.1.1.3 Dévonien

Les terrains du Dévonien inférieur reposent en discordance sur les roches cambro-ordoviciennes. L'ensemble des séries du Dévonien est représenté sur la carte Louveigné-Spa.

Gedinnien (G)(Lochkovien)

Seul le Gedinnien supérieur (G2) est présent, tant dans la Nappe du Condroz que dans la Fenêtre de Theux. Les couches inférieures ne sont pas représentées sur cette carte.

Nappe du Condroz: la base de l'étage (Gedinnien supérieur G2) est formée par un poudingue à gros galets ou, au contraire, à grain assez fin ou encore d'arkose (G2a). Ensuite, on observe un niveau de schiste rouge souvent bigarré de vert, avec des intercalations de bancs noduleux et quelques bancs siliceux (G2b). Il s'agit de «l'Assise de Marteau». Très vite, on passe à des schistes verts avec bancs de grès et de psammite (G2b) («Assise de Saint-Hubert»). Cette assise s'amenuise rapidement vers le nord. L'épaisseur totale de cet étage est de l'ordre de 250 m dans la vallée de l'Amblève. Elle diminue vers le nord.

Fenêtre de Theux: le Gedinnien supérieur G2 est formé tantôt par un poudingue à gros galets, tantôt par une roche arkosique à grain fin avec un peu de schiste verdâtre et de grès, tantôt par un schiste verdâtre enrobant de petits galets. Cette assise de base est peu épaisse (1 à 2 m). Ensuite, démarre une importante série de schistes rouges bigarrés de vert et de schistes celluleux avec intercalations de bancs de psammites ou de grès («Assise de Marteau», épaisseur ≈ 250 m). Cet étage se clôture avec un niveau, peu épais, de schistes verdâtres, parfois avec des schistes rouges et des bancs de quartzites à grain fin («Assise de Saint-Hubert»).

Siegenien (S)(Praquien)

Nappe du Condroz: cet étage, composé de quartzites et de schistes souvent grossiers, se divise en trois assises. L'assise inférieure (S1) contient des schistes rouges ou bigarrés avec intercalation de gros bancs de quartzite vert grossier. Par endroits, ce niveau quartzitique atteint 15 m d'épaisseur. Un niveau de grès grossier est également observé. Ensuite, l'assise moyenne (S2) est constituée de schistes et quartzophyllades gris et bleus micacés avec intercalation de quartzitiques et de schistes lie de vin bigarrés. L'étage se termine par l'assise supérieure (S3) qui comprend des schistes verts, des schistes bigarrés, des schistes gris-bleu avec des bancs de quartzites et de psammites. Près de Nonceveux, dans la vallée de l'Amblève, il existe un banc à nodules carbonatés. L'épaisseur du Siegenien dans la vallée de l'Amblève est de l'ordre de 650 m. Elle diminue vers le nord.

Fenêtre de Theux: d'une puissance de l'ordre de 300 à 350 m, le Siegenien de la Fenêtre de Theux est formé de quartzite verdâtre grossier en bancs épais avec intercalation de schistes verdâtres, d'un horizon conglomératique à galets de quartz (base de l'étage). Le sommet de l'étage est composé de schiste verdâtre ou rougeâtre avec intercalation de bancs psammitiques ou quartzitiques.

Emsien (E)

Nappe du Condroz: dominé par un faciès grés-schisteux, cet étage comporte trois assises. «L'Assise de Wépion» (E1) débute par un niveau alternant des schistes verdâtres ou verts bigarrés de rouge et des quartzites verdâtres et s'achève par du quartzite verdâtre plus ou moins grossier. Au nord de Banneux, cette assise est cartographiée avec le Siegenien supérieur (S3). L'assise moyenne (E2) est composée d'une alternance de bancs de schiste rouge et de quartzite rouge ou vert. Le sommet de l'étage (E3) est formé par un poudingue souvent à éléments ovaires, à ciment vert ou rouge, accompagné d'un peu de grès et de schistes rouges («Poudingue de Burnot»). Ces deux assises sont cartographiées ensemble. Dans la vallée de l'Amblève, la puissance totale de l'Emsien atteint 500 m, elle diminue fortement vers le nord. Dans la région de Louveigné, les assises supérieure et moyenne ont, en grande partie, disparu.

Fenêtre de Theux: l'assise inférieure (E1) est caractérisée par du grès grossier en bancs très épais, vert clair à blanchâtre («Grès de Wépion»). Les assises moyenne et supérieure, groupées (E2+E3), sont constituées de schiste rouge lie de vin ou rouge bigarré de vert où des bancs de quartzites sont intercalés. L'épaisseur de l'Emsien est estimée à 75 m.

Couvinien (Co) (Eifelien)

Cet étage marque le début du Dévonien moyen où les faciès terrigènes cèdent la place à des faciès argilo-calcaires. Le Dévonien moyen de Wallonie a fait l'objet d'une révision complète, basée sur des critères lithostratigraphiques stricts (Bultynck *et al.*, 1991).

Nappe du Condroz: la base du Couvinien inférieur est composée de poudingue et d'arkose accompagnés de quartzite argileux et de schiste micacé. Ce niveau est surmonté de schistes quartzeux rouges parfois calcaires avec quelques bancs de quartzites (Co1a). Le sommet du Couvinien inférieur (Co1b) est dominé par des quartzites. Dans la partie inférieure alternent des quartzites et des schistes quartzeux avec un peu de calcaire. Ensuite, on a un épais niveau de quartzite plus ou moins argileux vert avec des intercalations schisteuses (un peu de calcaire au sommet). Le Couvinien supérieur (Co2) est caractérisé par une masse épaisse de schiste rouge, plus quartzeux au sommet, avec quelques bancs plus siliceux et une mince couche d'oligistes. Dans la vallée de l'Amblève, l'épaisseur de cet étage est d'environ 175 m.

Fenêtre de Theux: Co1, assise inférieure, est très peu épaisse et est composée par un niveau de poudingue à gros galets avec quelques bancs de grès verdâtre. L'assise supérieure (Co2) est essentiellement schisteuse, avec du schiste (rouge ou vert) et schiste psammitique et du psammite rouge et bigarré. L'épaisseur totale du Couvinien de la Fenêtre de Theux est de 50 à 60 m maximum.

Givetien (Gv)

Nappe du Condroz: le Givetien inférieur (Gv1) débute par un niveau gréseux blanchâtre ou rosé, assez grossier, puis un niveau schisteux (schiste rouge avec intercalations de quartzite et de schiste quartzeux et calcareux). Le Givetien supérieur (Gv2) est composé de calcaire bleu en bancs souvent épais, devenant plus argileux vers le bas. L'épaisseur de l'étage est de l'ordre de 140 m, en diminuant vers le nord (par endroit, il n'existe plus).

Fenêtre de Theux: deux assises se distinguent. L'assise inférieure, Gv1, est caractérisée par des grès ou quartzites de couleur claire, un peu calcareux. Vers l'est, le grain devient plus grossier (poudingue clair à galets de quartz). L'assise supérieure, Gv2, est composée par du calcaire argileux fossilifère. La puissance de l'étage est variable mais ne semble pas dépasser 25 m.

Frasnien (F)

Cet étage est moins développé dans la Fenêtre de Theux que dans la Nappe du Condroz où les variations de faciès sont relativement nettes, permettant de distinguer aisément plusieurs assises.

Nappe du Condroz: trois assises sont identifiées. L'assise inférieure, Fromelennes F1, est caractérisée par un calcaire bleu foncé, noir ou grisâtre à grain fin, bien stratifié (F1b) reposant sur un niveau de calcaire argileux ou siliceux, de macigno et de schiste calcareux (F1a). La puissance de cette assise diminue fortement vers le nord. Au nord de Banneux, «l'Assise de Fromelennes» est cartographiée avec le Givetien (Gv). Ensuite, se trouve l'assise moyenne, F2, essentiellement calcaire (F2b), avec un niveau peu épais de schiste foncé, très fissile et souvent fossilifère à la base (F2a). Cette masse calcaire a une épaisseur d'une centaine de mètres au nord et de près de 150 m au sud de la carte. L'assise supérieure, F3, clôtur cet étage. Elle débute par un niveau de schiste plus ou moins calcareux d'environ 40 m d'épaisseur (F3a). Un second niveau (F3b) est formé de calcaire argileux, bien stratifié et avec de minces intercalations schisteuses (environ 75 m d'épaisseur).

Fenêtre de Theux: les assises frasniennes affleurent suivant une bande de direction générale SW-NE, hachées par de nombreuses failles transversales. L'assise inférieure, F1 Fromelennes, est formée de schiste calcareux, de calcaire argileux, parfois de macigno. L'assise moyenne F2 est composée de calcaire bleu ou gris fossilifère. Le niveau schisteux de base n'existe pas. L'assise supérieure F3 est caractérisée par des schistes calcareux et des schistes à nodules calcaires, fossilifères. La distinction entre les assises n'est pas toujours aisée. Dès lors, elles sont, par endroits, regroupées. L'épaisseur totale de l'étage au sein de la Fenêtre de Theux est de 50 à 60 m, bien qu'elle soit assez variable.

En bordure des calcaires dévoniens de la Nappe du Condroz, des amas de minerais de fer ont autrefois été exploités. Dans la Fenêtre de Theux, là où les masses calcaires dévoniennes et carbonifères sont recoupées par des failles radiales, des gîtes métallifères ont aussi été exploités (blende, galène, pyrite) par le passé.

Famennien (Fm)

La composition de cet étage dans la Fenêtre de Theux est comparable à celle dans la Nappe du Condroz. Il est constitué de deux parties distinctes. Tout d'abord, le Famennien inférieur est plus schisteux devenant siliceux au sommet. Ensuite, au Famennien supérieur, le faciès devient plus arénacé, avec des macignos et des schistes siliceux.

Nappe du Condroz & Fenêtre de Theux: le Famennien inférieur (Fm1 «Assise de la Famenne») débute avec les schistes (Fm1ba) dont la puissance peut atteindre 400 m. Une couche d'oligiste oolithique à ciment calcaireux est observée. Le Fm1a se distingue par la présence de nodules calcaires, tandis que le Fm1b est marqué par des bancs minces de nature psammitique. Ensuite, «l'Assise d'Esneux» Fm1c contient des psammites stratoïdes et schistoïdes, pauvres en calcaire. L'épaisseur totale de «l'Assise d'Esneux» est de 130 à 140 m. Au sommet du Fm1, on rencontre parfois le faciès de Souverain-Pré (Fm1cm), roche formée de cailloux calcaires dans une pâte psammitique. A la base du Famennien supérieur, «l'Assise de Montfort» Fm2a est dominée par des psammites et grès micacés à pavés (épaisseur: 125 à 150 m). L'assise supérieure, «Assise d'Evieux» Fm2b, est caractérisée par des psammites, des schistes et des macignos. Les bancs calcaireux prennent de plus en plus d'importance, annonçant le Carbonifère. L'épaisseur de cette assise est comprise entre 150 et 175 m, soit environ 300 m pour le Famennien supérieur.

III.2.1.1.4 Carbonifère

Sur la carte Louveigné-Spa, le système Carbonifère est plus complet dans la Fenêtre de Theux que dans la Nappe du Condroz. En effet, dans la partie orientale de la carte, les différents étages du Dinantien (Tournaisien et Viséen) et du Namurien (Houiller) affleurent. Contrairement à la partie occidentale où le Viséen supérieur et le Namurien sont absents.

Tournaisien (T)

Nappe du Condroz. Plusieurs assises (et sous-assises) sont distinguées dans le Tournaisien: T1a formé de calcaires fonceés à crinoïdes (70 à 80 m); T1b composé de schistes (10 à 15 m), équivalent à la Formation du Pont d'Arcole dans la nouvelle nomenclature; T1c composé de calcaires crinoïdiques fréquemment dolomités (50 m), (T1d-)T2a caractérisés par des calcaires crinoïdiques avec cherts, parfois dolomités (60 à 70 m), T2b, Encrinite de l'Ourthe et calcaires noirs à cherts (50 à 60 m).

Fenêtre de Theux: le Tournaisien inférieur, T1, est caractérisé par un calcaire crinoïdique, parfois partiellement dolomitisé (25 à 30 m). A son sommet, des bancs de schiste fin, fissile de 2 à 3 m d'épaisseur, sont observés. L'assise supérieure, T2, est composée par une grande masse de dolomie sombre, souvent crinoïdique, avec des cherts (environ 200 m).

Viséen (V)

Nappe du Condroz: Le Viséen n'est représenté que par le V1(a). Il s'agit de calcaires foncés parfois à crinoïdes et parfois dolomitisés.

Fenêtre de Theux: Une série d'assises est distinguée dans l'étage Viséen. L'assise inférieure, V1, est composée de calcaire en bancs assez épais et brèche, parfois accompagnés d'un conglomérat à galets calcaires et ciment argileux (V1a), et de calcaire noir, à grain fin, en bancs assez minces avec intercalations schisteuses (V1b) (épaisseur de l'assise 25 à 30 m). L'assise moyenne, V2, est formée de calcaire de teinte claire, parfois oolithique ou bréchoïde (V2a), puis de calcaire gris foncé, bien stratifié avec cherts et fossilifères (V2b) (épaisseur de l'assise > 200 m). L'assise supérieure, V3, est caractérisée par un calcaire gris clair, grenu en bancs massifs, fossilifère (V3a, 30 m), et par un calcaire noir compact ou feuilleté, parfois schistoïde (V3b).

Houiller (N)

Fenêtre de Theux: cet étage affleure très peu, uniquement à hauteur de Juslenville (bord nord de la carte). Il est composé d'une masse de schistes où s'intercalent des niveaux de grès et quartzites, feldspathiques. Un peu de houille a été signalée.

III.2.1.2 Formations du Mésozoïque et du Cénozoïque*III.2.1.2.1 Crétacé*

Ce système n'est pas, à proprement-dit, observé sur la carte Louveigné-Spa. Seuls quelques petits lambeaux épars de débris de silex, localisés sur les hauts plateaux, témoignent de l'existence passée de dépôts crayeux. Ces silex se rencontrent surtout dans le coin sud-est de la carte mais n'ont pas été cartographiés (vu leur superficie très réduite).

III.2.1.2.2 Paléogène (Oligocène)

Quelques dépôts sableux, datant de l'Oligocène, sont conservés dans des poches de dissolution des formations carbonatées du Carbonifère et du Dévonien. D'autres dépôts meubles (sable et parfois gravier) sont observés sur les terrains du Cambro-Ordovicien et du Dévonien inférieur. Leur extension reste imprécise car ils sont recouverts par un important manteau colluvial, très continu. L'épaisseur des dépôts sableux cénozoïques de la carte Louveigné-Spa est difficile à estimer (minimum 5 à 6 m).

III.2.1.2.3 Quaternaire

Dans les vallées de la Hoëgne et de l'Ambève, quelques dépôts alluviaux anciens ont été cartographiés. Ces terrasses fluviales, composées de sable, gravier, limon et argile, datent du Pléistocène.

Les formations quaternaires sont aussi représentées par des loess (limons d'origine éolienne), les éboulis, les dépôts de pente (colluvion),.... Leur épaisseur est variable, moins importante sur les pentes raides par rapport aux pentes douces et aux plateaux. Ces dépôts sont en général présents sur toute la superficie de la carte, rendant difficile le tracé de l'allure probable des terrains sous-jacents.

Sur le Massif de Stavelot, des accumulations pierreuses sont souvent observées. L'origine de ces dépôts formés de blocs et de débris de roches est encore mal connue (Pissart, 1995).

Les alluvions des fonds de vallées sont constituées de limons et sables, ainsi que des galets et cailloux (Holocène). Leur épaisseur est assez faible.

III.2.2 Cadre structural

Le contexte structural de la carte Louveigné-Spa est particulièrement complexe. Deux mouvements tectoniques majeurs ont affecté cette zone: l'orogénèse calédonienne et l'orogénèse varisque (hercynienne). La moitié occidentale de la carte appartient à l'extrémité orientale du Synclinorium de Dinant, tandis que l'autre moitié est occupée par la Fenêtre de Theux et par le Massif de Stavelot (figure III.3).

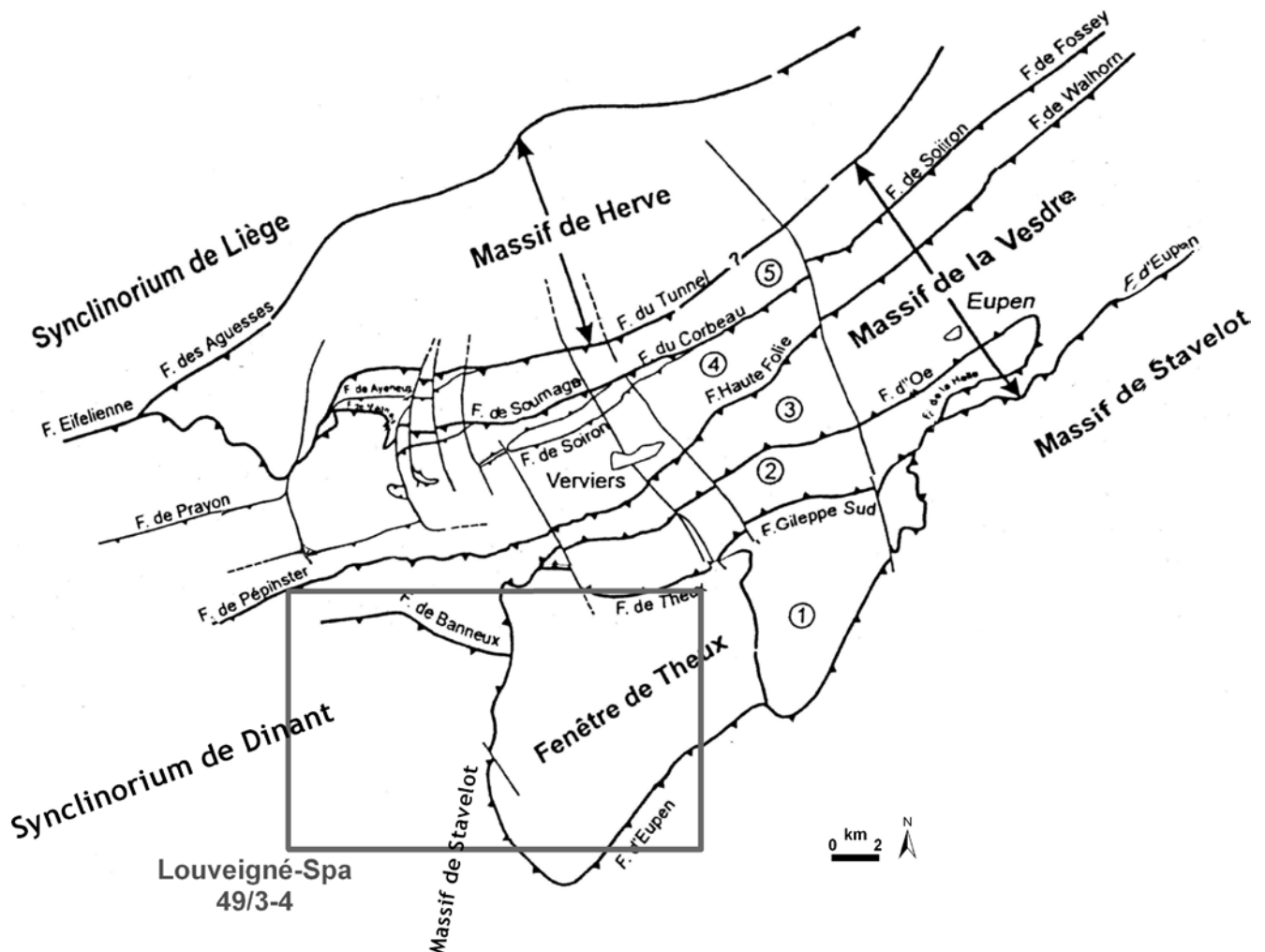


Figure III.3: Carte structurale schématique de l'Est de la Belgique avec indication des unités structurales de la Nappe de la Vesdre: 1. Unité de Jalhay; 2. Unité de la Gileppe; 3. Unité de Goé; 4. Unité de Forêt-Andrimont; 5. Unité du Tunnel (d'après Laloux et al., 1997)

Le Synclinorium de Dinant est limité au sud et à l'est par les terrains du Dévonien inférieur de l'Anticlinorium de l'Ardenne. Tous deux appartiennent à l'Allochtone ardennais. Les calcaires dévoniens de la bordure méridionale du Synclinorium de Dinant forment la Calestienne, replat formant un palier contre la bordure du plateau ardennais (figure III.4). Au sein du Synclinorium de Dinant, les plis ont une direction ouest-est et un ennoyage marqué vers l'ouest. Plusieurs failles affectent ces terrains. Il s'agit souvent de failles inverses dont le rejet est minime. Le tracé de ces failles se perd d'une part, dans les formations schisteuses du Famennien inférieur et, d'autre part dans les terrains du Dévonien inférieur.

Les travaux de Coen (1970) et Ek (1970) sur la grotte de Remouchamps ont apporté quelques précisions à la carte géologique de Fourmarier. Leurs relevés dans la grotte indiquent une structure géologique complexe. Dans cette région, les grands traits de la structure consistent en deux anticlinaux à charnière faillée séparés par un large synclinal. Les failles observées sont essentiellement des failles inverses. La direction des failles principales est sensiblement N70-80°E. Aucune faille de cette direction n'avait été signalée en surface à Remouchamps.

L'Allochtone ardennais est séparé du Parautochtone brabançon par un charriage complexe (Faille du Midi – Faille Eifélienne – Faille d'Aachen). L'axe principal de cette importante faille passe au nord de la carte étudiée (figure III.1). Dans la région de Theux, une ondulation de ce charriage, déformation secondaire se présentant en forme de dôme, détermine la Fenêtre de Theux. L'érosion des terrains allochtones a permis la réapparition du Parautochtone. Cette fenêtre tectonique est circonscrite par la faille de Theux à léger pendage nord et par la faille d'Eupen à pendage sud. La limite méridionale est nettement moins nette car les roches mises en contact sont de même nature.

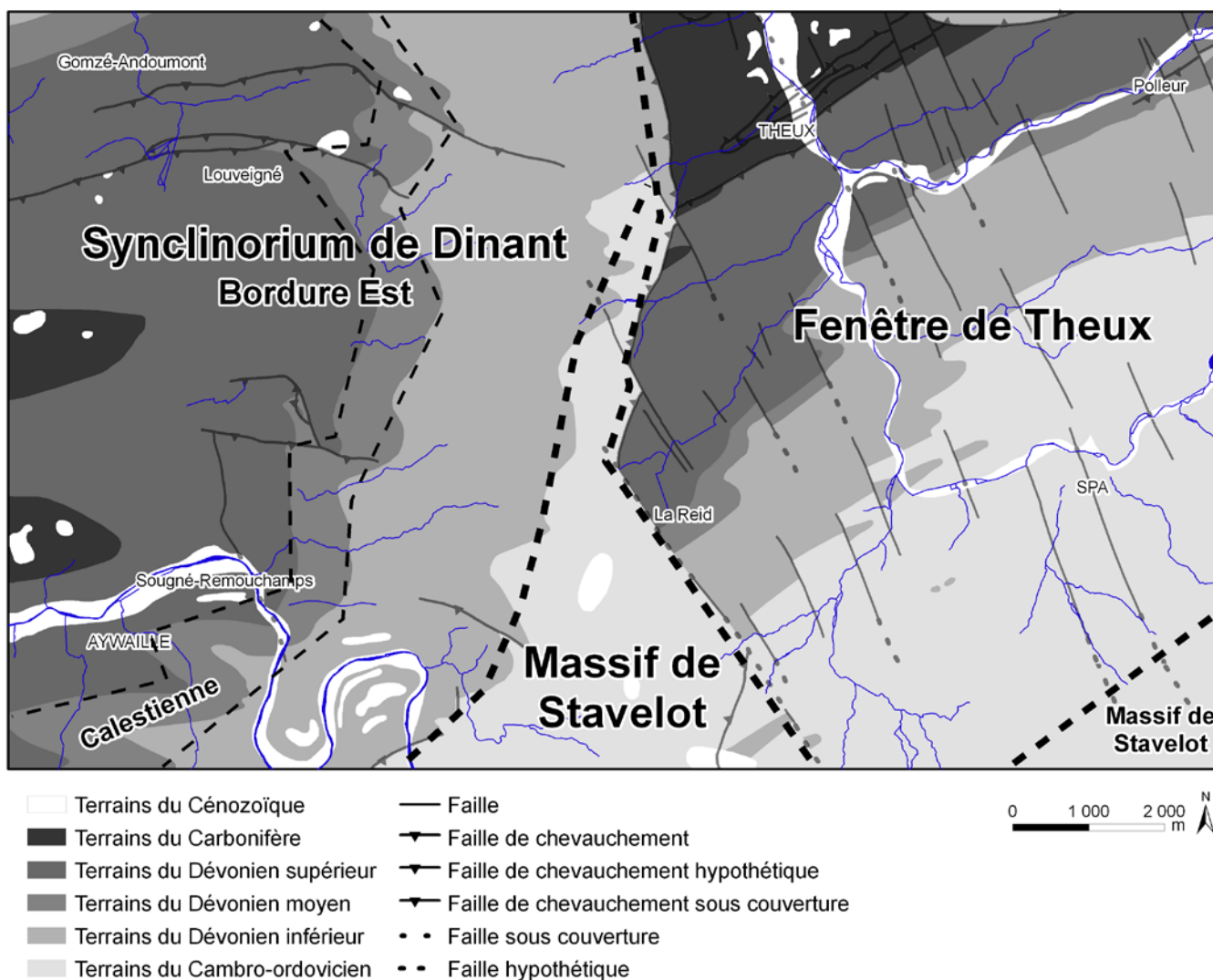


Figure III.4: Entités structurales de la carte Louveigné-Spa

La zone de Theux est l'une des régions tectoniques les plus controversées de Belgique. Étudiée par de nombreux géologues depuis plus d'un siècle, l'histoire de la formation et la structure complexe de la Fenêtre de Theux ont fait l'objet de diverses interprétations (débat toujours ouvert). Dans le cadre d'un projet First Doctorat Entreprise, mené en collaboration avec Spa Monopole (Spadel s.a.), la Région Wallonne et l'Université de Liège, Valérie Péters (2005) a réalisé une synthèse des travaux scientifiques menés sur la Fenêtre de Theux. Les grandes lignes des modèles d'interprétation les plus courants: sont repris ci-dessous:

- Modèle en pli couché: Fourmarier (1939; 1958; 1969), Graulich (1963; 1984), Geukens (1981).
- Modèle en structures imbriquées découpées par des failles hors-séquence: Michot (1988).
- Modèle en plats et rampes: Hollmann & Walter (1995).
- Modèle en pli fortement déversé et failles hors-séquence: Hance *et al.* (1999).

Pour de plus amples informations à ce sujet, nous invitons le lecteur à consulter les travaux de Laloux *et al.* (1997) et Hance *et al.* (1999).

Dans la Fenêtre de Theux, l'orientation générale des plis est SW-NE. Les couches carbonifères, situées dans la partie nord de la Fenêtre, sont complètement retournées et dessinent un antiforme synclinal à cœur houiller. Le flanc sud est très faiblement incliné vers le sud.

Le Massif de Stavelot, composé de roches datées du Cambrien et de l'Ordovicien et affectées par les orogènes calédoniennes et varisques, forme un anticlinorium déversé vers le NW et aux flancs intensément déformés et faillés. Plusieurs failles le traversent d'ouest en est. Les plus importantes ont permis de le subdiviser en une série de 4 nappes de charriage (allochtone)(N1 à N4) et un massif parautochtone (M5)(Geukens, 1986 & 1989).

Outre les failles de chevauchement, on observe de nombreuses failles radiales ou transversales, de faible rejet et orientées NNW-SSE. Ces accidents sont probablement liés aux mouvements tectoniques du graben du Rhin (Fourmarier, 1958). Il faut noter qu'une ligne de faille figurée sur la carte peut être en réalité, non pas une cassure unique, mais une zone failleuse. Une étude détaillée dans la zone d'Hestroumont (La Reid) montre la présence de failles plus nombreuses que celles cartographiées (Roland et Marion, 1987).

IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE

Géologiquement complexe, la carte Louveigné-Spa l'est également d'un point de vue hydrogéologique. La lithologie très variée des terrains rencontrés et les nombreuses failles, tant longitudinales que transversales, rendent l'étude de la ressource en eaux souterraines particulièrement intéressante et complexe.

Les formations géologiques sont regroupées en fonction de leurs caractéristiques hydrodynamiques. Trois termes sont utilisés pour décrire les unités hydrogéologiques, selon le caractère plus ou moins perméable des formations (Pfannkuch, 1990; UNESCO-OMM, 1992):

- Aquifère: formation perméable contenant de l'eau en quantités exploitables;
- Aquitard: formation semi-perméable permettant le transit de flux à très faible vitesse et rendant la couche sous-jacente semi-captive;
- 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.

Ces définitions assez subjectives sont à manipuler avec précautions. Elles sont utilisées ici afin de renseigner, à une échelle régionale, le caractère globalement perméable, semi-perméable ou peu perméable d'un ensemble de couches géologiques. Elles donnent une idée du potentiel économique que représentent les différentes unités hydrogéologiques en termes d'exploitation. Elles se basent sur la description lithologique de ces unités (formations ou ensembles de formations). Certaines formations géologiques voient leur faciès changer latéralement. Il est donc possible qu'une même formation soit définie en terme d'aquifère sur une carte et en terme d'aquitard sur une autre carte (raisonnement par carte).

IV.1 DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES

Les unités hydrogéologiques définies sur la carte Louveigné-Spa sont décrites ci-dessous dans l'ordre stratigraphique. Elles sont reprises de manière synthétique en fin de chapitre (tableau IV.2).

Ce tableau synthétisant le contexte hydrogéologique de la région de Louveigné-Spa est relativement complexe puisqu'il est basé sur le cadre géologique. En effet, les formations géologiques sont décrites selon leur appartenance, soit à la "Fenêtre de Theux", soit à la "Nappe du Condroz" (voir [chapitre III.2](#)). La distinction entre les assises n'étant pas toujours aisées, des regroupements sont localement opérés (ex: $S3 + E1$ ou $Gv + F1$). A l'inverse, par endroits, les faciès sont bien nets et on a des sous-assises (ex: $F2a$ et $F2b$). Ce découpage est non homogène sur l'ensemble du territoire couvert par la carte. Ainsi les dernières colonnes du tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie' ont des cellules imbriquées les unes dans les autres ou combinées en une même unité hydrogéologique.

IV.1.1 Unités hydrogéologiques du Cambro-Silurien

Les formations géologiques du Paléozoïque inférieur de la carte Louveigné-Spa sont regroupées en trois unités hydrogéologiques du Cambro-Silurien⁵. Elles occupent approximativement un quart de la superficie de la carte.

IV.1.1.1 Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien

Cette unité hydrogéologique couvre 10 % de la superficie de la carte Louveigné-Spa. Elle comprend le Revinien moyen *Rn2* (Formation de la Venne-Coo, Rv3-4) mais également l'étage entier *Rn*, lorsque les assises du Revinien ne sont pas cartographiées individuellement. Ces terrains sont caractérisés par une lithologie hétérogène (phyllades, quartzites et quartzophyllades). Les bancs de quartzites, surtout lorsqu'ils sont faillés, facilitent l'écoulement de l'eau par rapport aux horizons phylladeux nettement moins perméables. Les couches quartzitiques constituent donc des niveaux aquifères dans cette masse globalement aquiclude.

IV.1.1.2 Aquiclude à niveaux aquitards du socle cambro-silurien

S'étendant d'ENE-WSW sur une bande faillée dans la vallée du Wayai, l'aquiclude à niveaux aquitards du socle cambro-silurien affleure peu sur la carte étudiée (environ 3,5 % de sa superficie). Elle est constituée du Revinien supérieur *Rn3* (Formation de la Gleize, Rv5). Cette formation géologique regroupe une succession verticale de couches de phyllades purs ou bien mélangés avec des quartzophyllades. Puisque les phyllades sont le principal constituant de cette formation, la caractéristique hydrodynamique globale de l'unité est peu favorable à l'écoulement. Les quartzophyllades fracturés constituent des niveaux aquitards.

IV.1.1.3 Aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien

Cette unité hydrogéologique est essentiellement composée de quartzites, de phyllades et de quartzophyllades. Ces terrains sont fortement plissés et faillés. Quelques bancs de quartzite en lentilles sont observés. L'aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien affleure dans la partie sur et sud-est de la carte Louveigné-Spa. Il couvre environ 12,5 % de la carte. Il correspond à l'Etage Salmien (*Sm1*).

⁵ Le terme générique 'Cambro-Silurien' est utilisé même si, dans le cas de cette carte, les Formations du Silurien sont absentes.

IV.1.2 Unités hydrogéologiques du Dévonien

IV.1.2.1 Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Composée essentiellement de roches argileuses (schistes, schistes gréseux), cette unité hydrogéologique est globalement caractérisée comme aquiclude. Les niveaux de quartzites et de grès micacés ou graveleux peuvent constituer des horizons aquifères localement exploitables. Les horizons conglomératiques renferment également des nappes exploitables. Dans les terrains schisteux, le remplissage des failles généralement argileux leur confère un rôle de barrière peu perméable ou de seuil hydrogéologique, réduisant la circulation des eaux souterraines. Sur la carte Louveigné-Spa, plusieurs assises sont regroupées sous cette unité hydrogéologique "Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur":

- à la base du Dévonien inférieur, le Gedinnien (G2)
- au sommet du Dévonien inférieur, le Siegenien supérieur (S3), localement rassemblé avec l'Emsien inférieur (S3 + E1) et l'Emsien moyen et supérieur (E2 + E3).

IV.1.2.2 Aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur

Cette unité hydrogéologique, qualifiée comme aquitard à niveaux aquicludes, regroupe les assises inférieures du Siegenien (S1, S2, parfois S3 si les assises ne sont pas individualisées). Il s'agit d'un complexe quartzo-phylladeux avec des bancs de quartzites, de quartzites micacés ou à enclaves schisteuses alternant avec des schistes quartzeux ou calcaires. Ces terrains sont relativement faillés et fracturés.

IV.1.2.3 Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur

Cette unité hydrogéologique est représentée, sur la carte étudiée, par l'Emsien inférieur E1 ("Assise des Grès de Wépion") à dominante nettement grés-quartzitique. Ces barres gréseuses, pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseur, renferment localement de minces intercalaires de shales et sont parfois interrompues par des niveaux de grès argileux ou de siltites. Cette lithologie, marquée par les grès, justifie l'appellation de l'unité en tant que aquifère à niveaux aquicludes.

IV.1.2.4 Aquitard de l'Eifelien (Couvinién)

Le Couvinién présente un faciès caractérisé par le développement de roches gréseuses aux dépens de roches calcaires et par la présence de couches quartzo-schisteuses. La lithologie du Couvinién inférieur (Co1a) et du Couvinién supérieur (Co2) est dominée par les schistes et des quartzites argileux et psammites. Les conductivités hydrauliques au sein de cet ensemble peuvent varier fortement d'un niveau à l'autre, globalement cela justifie leur classification en termes d'aquitard

IV.1.2.5 Aquifère de l'Eifelien (Couvinién)

Sur la carte Louveigné-Spa, cette unité hydrogéologique du Couvinién est représentée par l'Assise Co1b. Une sédimentation assez uniforme grésocalcaireuse à grains fins et psammitiques caractérise l'assise inférieure. Un niveau de poudingue à gros galets est également relevé. Bien que quelques passées schisteuses soient observées, cet ensemble est défini en tant qu'aquifère de l'Eifelien.

IV.1.2.6 Aquifères des calcaires du Givetien et du Frasnien

Les formations géologiques du Frasnien et du Givetien n'étant pas décrites et cartographiées avec la même précision sur l'ensemble de la surface couverte par la carte Louveigné-Spa, les unités hydrogéologiques de ces étages sont dès lors abordées avec des niveaux de détails différents. Ainsi, la partie occidentale de la carte, nommée "Nappe du Condroz" par Fourmarier (1958) comporte plus d'unités hydrogéologiques frasnienne et givetiennes que la zone de la "Fenêtre de Theux" (Est de la carte). Dans cette région, seulement deux unités hydrogéologiques globales sont distinguées.

Les formations carbonatées du Dévonien présentent des potentialités aquifères importantes, étant donné une conductivité hydraulique et une porosité de fissures élevées, liées à la fracturation intense et à la karstification. Dans ces aquifères calcaires du Givetien et du Frasnien, la circulation des eaux souterraines peut être localement réduite en présence des passées plus schisteuses et argileuses.

D'une manière générale, les nappes calcaires karstiques sont alimentées selon deux modes distincts:

- par infiltration diffuse et retardée des eaux météoriques à travers la couverture de limons;
- par infiltration préférentielle et concentrée via les nombreuses pertes.

IV.1.2.7 Aquitards du Frasnien et du Famennien

Deux niveaux aquitards se distinguent dans le Frasnien, dans les Assises inférieure (*F1* ou *F1a*-Fromelennes) et supérieure (*F3*). Ces horizons ne sont pas géologiquement individualisés sur l'entièreté du territoire couvert par la carte Louveigné-Spa. C'est dans la partie occidentale de la carte Louveigné-Spa ("Nappe du Condroz") qu'ils sont les mieux définis. Ailleurs, ils ne sont pas toujours distingués de l'ensemble de la masse calcaire du Frasnien. La lithologie de ces terrains est caractérisée par des calcaires argileux et des schistes calcaireux. Quelques nodules calcaires peuvent être présents vers le sommet de l'étage, conférant localement quelques potentialités aquifères.

Dans le Famennien moyen, les Assises d'Esneux (*Fm1c*) et de Souverain-Pré (*Fm1cm*) constituent un niveau aquitard. Ces formations alternant les grès et grès micacés avec des horizons schisteux et schisto-gréseux peuvent présenter des potentialités aquifères intéressantes mais locales, lorsque le degré d'altération et de fissuration le permet. L'Assise de Souverain-Pré

comprend de nombreux nodules calcaires. Ce niveau carbonaté parmi la série de terrains silto-gréseux du Famennien est souvent marqué par une ligne de sources et des zones plus marécageuses.

IV.1.2.8 Aquicludes du Frasnien et du Famennien

Un mince niveau schisteux, uniquement présent dans la "Nappe du Condroz" et dont l'épaisseur diminue fortement vers le nord, est individualisé dans le Frasnien moyen (sous-assise *F2a*). Cet horizon peu perméable, aquiclude, va jouer localement le rôle de seuil hydrogéologique et compartimenter les aquifères calcaires du Dévonien.

L'Assise de la Famenne (*Fm1ba*) est dominée par des schistes et contient par endroits des grès micacés (psammites) et de rares nodules calcaires. Cette lithologie justifie donc l'appellation d'aquiclude du Famennien. Cette unité hydrogéologique sépare les aquifères calcaires du Dévonien (Frasnien) des unités silto-gréseuses (aquitard) et gréseuses (aquifère) du Famennien.

IV.1.2.9 Aquifère des grès du Famennien

Les Assises de Montfort (*Fm2a*) et d'Evieux (*Fm2b*), formées principalement de grès micacés et de grès quartzitiques, peuvent contenir un aquifère relativement important. La porosité des grès assure une capacité importante à cette nappe, mais son exploitabilité dépend fortement de la perméabilité influencée essentiellement par la fracturation. Elle est qualifiée de «nappe de fissures» dans les grès fracturés. Dans la frange sous-jacente à la pénélplanation post-paléozoïque, l'altération des grès en sable génère une porosité d'interstices conférant à l'aquifère un potentiel accru. La filtration au travers de cette couche de sable superficielle peut aussi améliorer la qualité de l'eau. Cependant, la faible profondeur des nappes les rend vulnérables aux pollutions.

L'aquifère des grès du Famennien, souvent en position topographique haute, alimente les nappes calcaires du Carbonifère situées en contrebas, via les écoulements de surface, le manteau d'altération et les zones de fracturation transversales aux couches. Ces eaux ayant ruisselé sur des roches présentant une fraction carbonatée non négligeable sont moins agressives (puisque déjà chargée en carbonates) que les rivières arrivant du massif ardennais.

IV.1.3 Unités hydrogéologiques du Carbonifère

Les formations carbonatées du Tournaisien et du Viséen n'étant pas décrites et cartographiées avec la même précision sur l'ensemble de la surface couverte par la carte Louveigné-Spa, les unités hydrogéologiques de ces étages sont abordées avec des niveaux de détails différents. Ainsi, la partie occidentale de la carte, nommée "Nappe du Condroz" par Fourmarier (1958) comporte trois unités hydrogéologiques du Carbonifère. La zone de la "Fenêtre de Theux" (Est de la carte) compte deux unités hydrogéologiques.

IV.1.3.1 Aquifère – Aquitard – Aquiclude de l'Hastarien

Vu l'hétérogénéité des formations présentes au Tournaisien inférieur (Assise d'Hastière) et leur regroupement cartographique dans la Fenêtre de Theux, une unité hydrogéologique globale a dû être définie: "Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien". Ce regroupement s'est étendu au Tournaisien supérieur (*T2*) quand celui-ci est cartographié avec le Tournaisien inférieur (*T1*).

Sur la carte géologique de Fourmarier (1958), le Tournaisien inférieur est divisé en trois assises:

- *T1a* peut être considéré comme aquifère, voire aquitard selon l'importance des niveaux schisteux intercalés. Cette sous-assise est intercalée entre les couches schisto-gréseuses du Famennien supérieur et les schistes de *T1b* (que l'on peut associer à la Formation de Pont d'Arcole). L'extension de ce niveau aquifère est limitée en raison de sa faible épaisseur et de la présence d'un toit peu perméable. Dans la partie occidentale de la carte ("Nappe du Condroz"), cet horizon est bien individualisé au sein du Tournaisien et constitue ainsi une unité hydrogéologique à part entière, l'aquifère d'Hastière.
- *T1b*, composé de schistes, constitue un seuil hydrogéologique au sein de l'aquifère des calcaires carbonifères. Cet aquiclude forme un niveau peu perméable isolant l'aquifère sis dans *T1a* des autres unités hydrogéologiques calcaires du Carbonifère.
- *T1c* à dominante carbonatée, est aquifère. Hydrogéologiquement, cette assise forme un continuum avec l'aquifère logé dans les terrains du Tournaisien supérieur et du Viséen. Cependant, puisque cartographiquement il est regroupé dans l'Assise d'Hastière (*T1*), le *T1c* est intégré, comme *T1a* et *T1b*, à l'unité hydrogéologique dénommée 'Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien'.

IV.1.3.2 Aquifère d'Hastière

Dans la "Nappe du Condroz", l'assise *T1a* n'est pas regroupée avec les autres assises du Tournaisien inférieur (*T1*). Cette assise est composée de calcaires. Elle est intercalée entre les couches schisto-gréseuses du Famennien supérieur et les schistes du *T1b*. Ainsi l'extension de ce niveau aquifère est limitée en raison de sa faible épaisseur et de la présence d'un toit peu perméable.

Cette unité hydrogéologique est présente dans les synclinaux calcaires du Carbonifère dans la partie occidentale de la carte (villages de Damré et Florzé).

IV.1.3.3 Aquiclude des schistes du Carbonifère

Dans la "Nappe du Condroz", le *T1b* (Formation de Pont d'Arcole), horizon bien individualisé et composé de schistes, constitue un seuil hydrogéologique au sein de l'aquifère des calcaires carbonifères (pris dans sa globalité). Cet aquiclude forme un niveau peu perméable isolant l'aquifère sis dans le *T1a* des autres unités hydrogéologiques calcaires du Carbonifère.

IV.1.3.4 Aquifère des calcaires du Carbonifère

Les calcaires du Tournaisien et du Viséen forment un aquifère de fissures, pouvant être localement karstifié, comme en témoignent les phénomènes karstiques observés dans la région. Les calcaires viséens, globalement plus purs que les calcaires tournaisiens, sont souvent plus karstifiés. En raison du regroupement cartographique d'une partie des terrains du Tournaisien en un seul groupe sur la carte Louveigné-Spa, l'unité hydrogéologique 'Aquifère des calcaires du Carbonifère' sensu stricto comprend soit le Viséen (V), soit le Viséen et le Tournaisien supérieur (V+T2), soit le Viséen, le Tournaisien supérieur et le sommet du Tournaisien inférieur (V+T2+T1c).

La nappe des calcaires carbonifères est sur-alimentée par le débordement de la nappe des grès du Famennien. Les eaux des grès du Famennien décalcifiés, sont agressives vis-à-vis des calcaires générant des poches de dissolution dans les zones de débordement préférentielles de la nappe des grès, généralement associées aux axes de fissuration transverses.

D'une manière générale, les nappes calcaires karstiques sont alimentées selon deux modes distincts:

- par infiltration diffuse et retardée des eaux météoriques à travers la couverture de limons;
- par infiltration concentrée via les nombreuses pertes. L'eau de ces pertes a pour origine, d'une part les sources de débordement de la nappe des grès du Famennien au contact avec les schistes de la base du Tournaisien, d'autre part le ruissellement sur les terrains schisto-gréseux du Famennien (Meus, 1993).

Le contexte tectonique accidenté de la région étudiée (nombreuses failles de chevauchement et failles transversales) va permettre des interconnexions entre unités hydrogéologiques. Ces échanges sont aussi conditionnés par la nature du remplissage de ces failles.

Ainsi pour synthétiser les paragraphes précédents, le tableau IV.1 présente les unités hydrogéologiques du Carbonifère (Houiller exclus) de la carte Louveigné-Spa.

Tableau IV.1: Unités hydrogéologiques du Dinantien (Carbonifère) de la carte Louveigné-Spa

Nappe de la Vesdre		Fenêtre de Theux	
Aquifère calcaire d'Hastière	T1a	Aquifère – Aquitard – Aquiclide de l'Hastarien	T1 – T2
Aquiclide des schistes du Carbonifère	T1b		
Aquifère des calcaires du Carbonifère	T1c – T2a – T2b – V1	Aquifère des calcaires du Carbonifère	V1a – V1b – V2a – V2b – V3a – V3b

IV.1.3.5 Aquiclide à niveaux aquifères du Houiller

Les schistes, grès et quartzites du Houiller sont peu perméables à petite échelle. Leur porosité effective varie entre 0,5 et 1,5 %. L'eau n'y est mobile que dans les fissures ouvertes des bancs de

grès et de quartzites tectonisés et fracturés. Dans les schistes, les fractures sont généralement colmatées par un remplissage argileux.

Localement ces terrains houillers renferment donc une nappe de fissures localisée dans les horizons plus gréseux (aquifères locaux). Cette eau présente souvent une minéralisation élevée en fer et en sulfates, ainsi qu'un pH acide, liés à l'altération des sulfures de fer (pyrites) souvent abondants dans ces formations. Une couche d'argile d'altération, épaisse de 10 à 20 m, repose sur le sommet des formations du Houiller (désagrégation pré-Santonienne). Cette couche argileuse forme une barrière très peu perméable, renforçant le rôle de niveau de base pour les nappes supérieures et limitant le potentiel aquifère des terrains schisto-gréseux du Houiller.

Cette unité hydrogéologique affleure très peu sur la carte Louveigné-Spa. On la retrouve dans le nord-est de la carte, à Jusleville (Theux).

IV.1.4 Unités hydrogéologiques du Cénozoïque

IV.1.4.1 Aquifère des sables de remplissage

Les dépôts sableux, qui comblent généralement les poches de dissolution des calcaires, ont des capacités aquifères réduites vu leur faible extension et la grande hétérogénéité des matériaux. Ils constituent donc de petites nappes locales et souvent temporaires. Ils jouent également le rôle de filtres pour les nappes sous-jacentes.

IV.1.4.2 Aquifère des terrasses fluviales

Les dépôts alluvionnaires anciens formant les terrasses fluviales sont essentiellement composés de graviers et de sables offrant ainsi des potentialités aquifères intéressantes, si leur extension le permet. Les niveaux limoneux et argileux peuvent induire localement de petites nappes perchées temporaires. Les nappes des terrasses sont alimentées par les eaux de précipitation et l'apport des nappes des versants. L'exutoire de ces nappes correspond à la base aval de la terrasse, limitant fortement la capacité de stockage des terrains. Sur un substratum perméable, ces nappes peuvent également alimenter l'aquifère sous-jacent.

IV.1.4.3 Aquitard limoneux

Les limons, épais de quelques décimètres à quelques mètres, jouent un rôle protecteur lors de l'infiltration des eaux météoriques : infiltration retardée dans le temps et effet de filtration. Cependant, cette couverture limoneuse n'est pas uniforme sur l'ensemble de la carte. Ces dépôts n'ont pas été cartographiés sur la carte hydrogéologique.

IV.1.4.4 Aquifère alluvial

Les alluvions modernes sont composées principalement de graviers et de sables offrant des potentialités aquifères intéressantes, si leur extension le permet. L'alimentation directe par les eaux météoriques est faible en raison de la surface négligeable de la plaine alluviale. Ainsi, la

majeure partie de l'alimentation de ces nappes vient de l'apport des versants, soit par écoulement hypodermique, soit par le déversement de la nappe du bed-rock lorsque celui-ci est aquifère. On peut supposer également des interactions entre la nappe et la rivière, celle-ci n'étant pas (ou peu) canalisée.

Tableau IV.2: Tableau des unités hydrogéologiques – Correspondance Géologie-Hydrogéologie

Ere	Système	Série	Etage	Assise	Lithologie	Abréviation			Hydrogéologie	
						Nappe du Condroz	Fenêtre de Theux		Nappe du Condroz	Fenêtre de Theux
Cénozoïque	Quaternaire	Holocène		Alluvions modernes	Sable, gravier, argile, tuf			alm tf	Aquifère alluvial	
		Pléistocène	Hesbayen		Limon, cailloutis, gravier, sable			q3o, q3m	Aquitard limoneux	
			Campinien	Alluvions anciennes	Cailloutis des terrasses moyennes des grandes vallées			q2m	Aquifère des terrasses fluviales	
	Paléogène	Oligocène			sable, parfois gravier			O	Aquifère des sables de remplissage	
Paléozoïque	Carbonifère	Namurien	Houiller		Schiste avec intercalation de grès (quartzite) grossier, feldspathique. Houille en veinettes			N	Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller	
			Viséen		Calcaire noir compact ou feuilleté, parfois schistoïde	V3b		T2 + T1	Aquifère des calcaires du Carbonifère	
				Calcaire gris clair, grenu en bancs massifs	V3a					
				Calcaire gris foncé, bien stratifié, avec cherts	V2b					
				Calcaire de teinte claire, parfois oolithique ou bréchoïde	V2a					
				Calcaire à grains fins, en banc mince avec intercalation schisteuse. Localement, dolomie	V1b					
				Calcaire foncé parfois à crinoïdes, parfois dolomitisé / parfois conglomérat	V1(a)	V1a				
		Dinantien	Tournaisien		"Petit granite" de l'Ourthe. Au sommet, calcaire noir à cherts	T2b		T2	Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien	
					Calcaire à crinoïdes à cherts noirs parfois dolomitisé	T2a				
					Calcaire à crinoïdes, fréquemment dolomitisé	T1c				
				Schiste	T1b		T1	Aquiclude des schistes du Carbonifère		
				Calcaire à crinoïdes	T1a					
	Dévonien	Supérieur	Famennien	Evieux	Psammite et grès psammitique, schiste micacé, macigno	Fm2b			Aquifère des grès du Famennien	
				Montfort	Psammite et grès micacé à pavés, schiste, macigno	Fm2a				
				Souverain-Pré	Grès à ciment calcaire (macigno) - Nodules calcaires dans pâte schisteuse ou psammitique	Fm1cm			Aquitard du Famennien	
				Esneux	Psammite stratoïde et schistoïde, avec des intercalations schisteuses vers le bas	Fm1c				
				Famenne	Schiste avec intercalation de bancs minces de psammites	Fm1b	Fm1ba		Aquiclude du Famennien	
			Schiste verdâtre ou violacé avec nodules calcaires	Fm1a						
		Frasnien			Calcaires argileux, bien stratifiés avec minces intercalations schisteuses. Schistes à nodules calcaires	F3b	F3 + F2	F	Aquitard du Frasnien	
					Schiste verdâtre plus ou moins calcaireux	F3a				
					Calcaire	F2b				
			Fromelennes		Schiste	F2a			Aquifère des calcaires du Frasnien	
					Calcaires à grain fin, bien stratifiés	F1b				
					Calcaire argileux ou siliceux, macigno, schiste calcaireux	F1a	F1			
		Moyen	Givetien		Calcaire en bancs généralement épais, plus argileux vers le sommet	Gv2	Gv	F1 + Gv	Aquifère des calcaires du Givetien	
					Quartzite assez grossier, schiste rouge, grès, schiste calcaireux, poudingue	Gv1				
			Couvinois		Schiste rouge quartzeux, psammite	Co2			Aquitard de l'Eifelien	
	Quartzite et schiste quartzeux, poudingue, grès			Co1b						
	Schiste quartzeux, parfois calcaireux, quartzite. Schiste vert. A la base, poudingue et arkose			Co1a			Aquitard de l'Eifelien			
Inférieur	Emsien			Schiste rouge et grès (quartzite). Poudingue, grès et schiste	E3 + E2				Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	
			Wépion	Grès grossier (quartzite) et schistes en bancs	E1	E1 + S3				
	Siegenien			Schiste avec bancs de quartzite et de psammite micacés	S3	S			Aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur	
				Schiste et quartzophyllade micacés avec intercalations quartzitiques.	S2					
	Gedinnien			Schiste avec intercalation de bancs de quartzites. Grès grossier	S1		Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur			
	Schiste avec intercalation de bancs noduleux et siliceux. Schiste avec bancs de grès et de psammite	G2b	G2							
Ordovicien	Salmien / Trémadocien		Quartzophyllade micacé, plus schisteux à la base	Sm1			Aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien			
			Phyllade avec minces intercalations plus siliceuses	Sm1a						
Cambrien	Revinien		Phyllade assez fin avec bancs de quartzite en lentilles	Rn			Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien			
			Quartzite, phyllade, quartzophyllade	Rn2						

IV.2 DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE DE LA CARTE

Les ressources en eaux souterraines de la carte Louveigné-Spa sont essentiellement situées dans les formations gréseuses du Famennien du Synclinorium de Dinant, dans les calcaires dévoniens de la Fenêtre de Theux, dans les terrains grésos-quartzites du Dévonien inférieur ainsi que dans les niveaux quartzitiques et quartzophylladeux du Cambro-Ordovicien. Les dépôts alluvionnaires sont modérément développés et représentent une ressource en eaux souterraines limitée (intérêt purement local, comparé à la plaine alluviale de la Meuse). Les limons quaternaires constituent une couche protectrice pour les nappes sous-jacentes. En période de forte pluviosité, on y observe parfois de petites nappes locales et temporaires. Toutes les unités hydrogéologiques de la carte Louveigné-Spa ne sont pas abordées avec le même degré de détails, étant donné le faible jeu de données disponibles pour certaines d'entre elles.

Au sein des roches cohérentes, la fissuration et l'altération peuvent modifier leur conductivité hydraulique. La fracturation va créer un réseau de fractures favorisant la circulation de l'eau. L'altération des roches induit des comportements différents selon leur lithologie. Trois comportements principaux se présentent.

- La roche est carbonatée: l'altération entraîne une dissolution de la roche et un élargissement/agrandissement du réseau de fractures existant. La conductivité hydraulique est donc augmentée.
- La roche est un grès ou un quartzite: l'altération donne du sable, ce dernier présente une plus grande porosité efficace et la conductivité hydraulique est donc augmentée.
- La roche est un shale/schiste: l'altération donne une argile qui colmate le réseau de fractures. La conductivité hydraulique est diminuée.

Une carte simplifiée et un tableau, présentés en annexe, reprennent l'ensemble des puits, des piézomètres, des sources et autres points d'accès à la nappe cités dans le texte.

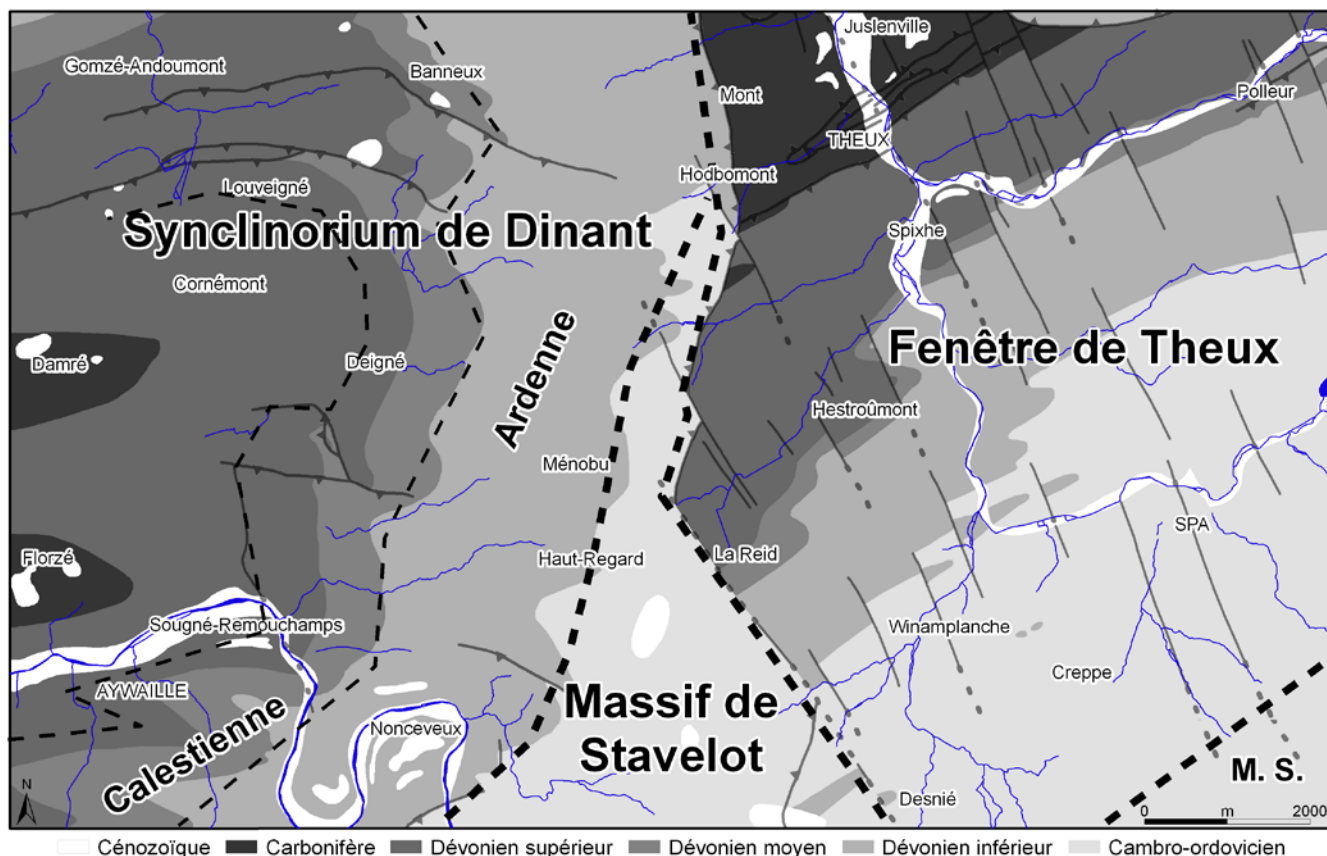


Figure IV.1: Cadre hydrogéologique simplifié de la carte Louveigné-Spa

IV.2.1 Aquifères des calcaires du Carbonifère et du Dévonien

Les formations carbonatées du Carbonifère et du Dévonien affleurent tant dans le Synclinorium de Dinant que dans la Fenêtre de Theux (figure IV.1). Elles constituent de bons aquifères avec des réserves très intéressantes. Néanmoins, cette ressource en eaux souterraines est relativement peu exploitée dans la région de Louveigné-Spa. On compte quelques ouvrages de prise d'eau dont les plus importants sont le captage public "Awieux"(SWDE) et le forage "Clémentine", eau géothermale (Spadel s.a.). Tous deux sollicitent l'aquifère des calcaires dévoniens (Frasnien-Givetien) de la Fenêtre de Theux.

Comme l'ensemble des formations du Paléozoïque de la région, les roches calcaires sont intensément fracturées. Selon leur remplissage et leur nature, ces failles seront soit des axes de circulation préférentielle, soit des seuils hydrogéologiques. En fonction de la nature des terrains, ces fractures peuvent soit mettre en communication des blocs au départ isolés, soit compartimenter l'aquifère. De nombreux phénomènes karstiques sont également observés, surtout dans les calcaires dévoniens. Ils sont détaillés dans ce chapitre.

En général, les battements annuels des nappes logées dans les formations calcaires sont plus marqués que dans les autres unités hydrogéologiques. Localement des amplitudes d'une vingtaine de mètres peuvent être observées. On constate également que plus on s'approche de l'exutoire de la nappe, plus ces amplitudes sont faibles (car influencées par le niveau de base du drainage imposé par la rivière). Ces aquifères calcaires réagissent, en général, très vite après une période

de pluie (remontée piézométrique). Quelques niveaux d'eau ponctuels ont été mesurés et sont reportés sur la carte hydrogéologique (1/25.000).

Synclinorium de Dinant

Dans l'ouest de la carte, à Damré et à Florzé, affleurent les extrémités orientales des synclinaux calcaires carbonifères, respectivement, de Chanxhe-Sprimont (au nord) et de l'Amblève (au sud)(figure IV.1). Ces aquifères calcaires sont alimentés par l'infiltration diffuse et retardée des eaux météoriques à travers les terrains de couverture. Ils sont également alimentés par l'infiltration concentrée via les nombreuses pertes. La présence à la base du Tournaisien d'un horizon aquiclude (shales et schistes du Pont-d'Arcole) crée des sources de débordement de la nappe des grès du Famennien. L'eau ruisselant sur les formations schisto-gréseuses du Dévonien se perd aussi dans ces points d'infiltration privilégiés. Les eaux souterraines s'écoulent en direction du cœur du synclinal et convergent ensuite vers l'ouest. Les nappes logées dans ces deux synclinaux sont fortement rabattues par l'Ourthe et l'Amblève. Ces aquifères constituent de bons réservoirs mais sont également très vulnérables aux pollutions anthropiques. Quelques puits privés y sont forés.

Les calcaires dévoniens de la bordure orientale du Synclinorium affleurent au nord de la commune de Sprimont en une bande étroite (Calestienne). Ils constituent un pli anticlinal axé sur Louveigné et se prolongent vers Remouchamps pour former le Vallon des Chantoirs. Cette zone est surtout connue par ces nombreux phénomènes karstiques (voir ci-après). Cet aquifère est caractérisé par une importante porosité de fissures associée à une karstification intense. Dans le Vallon des Chantoirs, les écoulements souterrains sont dirigés vers le sud (exutoire: la Grotte de Remouchamps) en direction de l'Amblève. De nombreuses investigations ont été menées dans ce vallon karstique. Ce système a un bassin hydrologique de moins de 30 km² (superficie au niveau du siphon amont de la grotte), avec seulement 20 % de terrains calcaires. L'exutoire de ce système est le Rubicon (rivière souterraine de la grotte de Remouchamps). Le système est bien drainé et les réserves sont peu importantes, comparés à d'autres bassins dans les calcaires carbonifères de la région (Néblon, Anthisnes). L'essentiel du débit provient de l'alimentation par les nombreux chantoirs. Un temps moyen de transit a été calculé (sur base du volume dynamique et des réserves non écoulables) à 48 jours (Meus, 1993). Au départ du chantoir de Sècheval (partie aval du système), Meus (1993) a réalisé un essai de traçage afin de caractériser quantitativement le passage du traceur (entre ce point et le siphon de la grotte de Remouchamps). Le traceur (150 g d'uranine) aurait rejoint le siphon (distance: 600 m) en 1,5 jours, avec une vitesse maximale de 16,77 m/h. Cette vitesse faible (pour un milieu karstique) est sans doute liée à l'état des eaux (étiage) et/ou au fait que le réseau recoupe transversalement différentes formations dont les schistes de la base du Frasnien (F2a).

Au sein de l'anticlinal de Sendrone-Blindef-Louveigné, les eaux souterraines se dirigent vers le nord, drainées par les ruisseaux des Pierres et de Stinval (bassin de la Vesdre). La bande calcaire

la plus septentrionale, située entre Gomzé-Andoumont et Banneux, est drainée vers le nord par le Ry de Mosbeux et le ruisseau d'Havegné.

Fenêtre de Theux

Nous ne disposons pas de données permettant de détailler le contexte hydrogéologique de l'aquifère des calcaires du Carbonifère de la Fenêtre de Theux. Les eaux logées dans ces formations sont drainées par la Hoëgne. L'écoulement souterrain sera aussi influencé par les nombreuses failles longitudinales et transversales. L'alimentation de ces nappes calcaires est supposée semblable à celle observée pour les nappes du Synclinorium de Dinant.

L'aquifère des calcaires du Dévonien (Frasnien et Givetien) affleure sur une étroite bande dirigée NE-SW, coincée entre les formations schisto-gréseuses du Frasnien au nord et de l'Eifelien au sud. Cette unité hydrogéologique est drainée par la Hoëgne et le Wayai. En rive droite de la Hoëgne, la commune de Theux exploite, via un puits (prof: 3,5 m) et une galerie (L:100 m), les eaux logées dans les aquifères frasnien (figure IV.2). Une étude hydrogéologique sommaire a été réalisée afin de délimiter les zones de prévention de ce captage (LGIH, 2003). Les termes du bilan hydrogéologique ont été établis pour la période 1992-2002 (tableau IV.3). L'évapotranspiration potentielle a été déterminée avec la formule de Thornthwaite. Par eau utile, il faut entendre la somme du ruissellement (R) et de l'infiltration (vers les eaux souterraines). L'estimation de l'infiltration efficace (I_{eff}) a été basée sur la lithologie des terrains. Pour les grès, $I_{eff} = 1/3$ à $1/2$ de l'eau utile, pour les schistes, $I_{eff} = 1/5$ à $1/3$ de l'eau utile, pour les calcaires, $I_{eff} = 1/2$ à $3/4$ de l'eau utile.

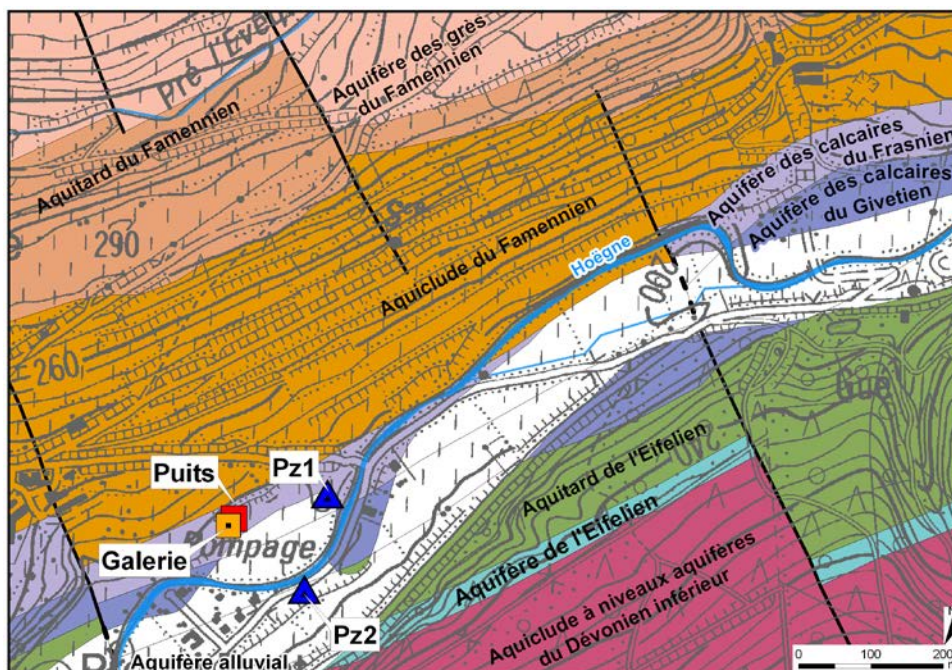


Figure IV.2: Site d'Awieux - AC Theux

Tableau IV.3: Termes du bilan - Calcul annuel de l'eau utile et de l'infiltration efficace, en mm (LGIH, 2003)

Année	Précipitations	Evapotranspiration	Eau utile	$I_{\text{eff}} = 1/2 \text{ EU}$	$I_{\text{eff}} = 1/3 \text{ EU}$
Moyenne (1992-2002)	1238,6	524,4	714,2	375,1	238,1
Minimum (1996)	873,2	475	398,2	199,1	132,7
Maximum (2001)	1456,3	518,5	937,8	468,9	312,6

Ces données ont permis par la suite de calculer les superficies des bassins d'alimentation des captages. La galerie, creusée dans les calcaires frasniens, draine ceux-ci mais semble aussi drainer les formations gréseuses et psammitiques du Famennien (au moins jusqu'à la ligne de crête topographique, Z: 290 m). Le drainage de ces couches famenniennes vers les calcaires est sans doute assuré par les différentes failles transversales (certaines, non cartographiées sur la carte géologique, ont été mises en évidence par la prospection géophysique). Le puits capte les eaux de l'aquifère alluvial de la Hoëgne mais aussi la nappe des calcaires frasniens. Deux piézomètres ont été forés dans la plaine en amont du captage en rive droite et en rive gauche afin de vérifier s'il y avait influence ou pas entre les ouvrages et la Hoëgne. Les diverses mesures prises (piézométrie et en rivière) montrent que la rivière et la nappe en rive gauche ne sont pas influencées par le pompage dans le puits (et inversement).

Sur les rives du Wayai, à Spixhe, deux forages profonds (95 et 102 m) sollicitent les eaux logées dans les formations carbonatées du Dévonien. Les eaux captées sont des eaux minérales naturelles géothermales de type Ca-HCO₃ ou Ca-Mg-HCO₃, assez minéralisées. D'après la classification de Feneyrou (1989), il s'agit d'eaux thermales froides (température entre 9 et 15°C). La nappe sollicitée est semi-captive. Le forage "Clémentine" alimente les piscines des thermes de Spa.

Le système karstique de la vallée du Turon, en rive gauche du Wayai, a fait l'objet d'essais de traçage afin de déterminer l'origine exacte des émergences d'Hestroûmont (Meus, 1993). Ainsi, des injections (uranine et rhodamine B) ont eu lieu dans le Chantoir de La Reid et la Perte principale du ru de Jehanster (voir paragraphe 'Phénomènes karstiques'). Divers points de surveillance ont été placés le long du Turon et à son embouchure dans le Wayai, respectivement les résurgences d'Hestroûmont (distance: 1700 m) et de Spixhe (distance: 3050 m). Les vitesses de passage (20,1 et 28,4 m/h) sont relativement faibles pour des calcaires frasniens. Les écoulements souterrains sont très probablement fortement perturbés par les failles transversales.

Phénomènes karstiques

Dans la région de Louveigné-Spa, environ 340 phénomènes karstiques sont recensés (CWEPS, 1996; 2006; CWEPS, FPMs, ULg, 1995-2005). Van den Broeck *et al.* (1910) ont catalogué plus de 200 pertes dans le seul Vallon des Chantoirs (Remouchamps). Ces manifestations karstiques en particuliers les pertes et les chantoirs, constituent des points névralgiques pour les eaux souterraines, en tant que points d'infiltrations privilégiés vers les nappes aquifères.

En Belgique, les calcaires du Dévonien sont plus karstifiés que les calcaires du Carbonifère. Si cette observation a d'abord été expliquée par le degré de pureté des calcaires (facteur aujourd'hui remis en cause), c'est essentiellement la qualité des eaux de ruissellement arrivant sur les calcaires qui intervient (Ek, 1969; 1976). Les eaux ruisselant sur les calcaires frasniens et givetiens sont plus agressives. En effet, les eaux arrivant sur les calcaires dévoniens sont plus acides et peu à non saturées. Elles ont ruisselé sur des roches non carbonatées et ont ainsi gardé un pouvoir de dissolution élevé, comparé aux eaux arrivant sur les formations du Carbonifère. Celles-ci ont d'abord coulé sur les roches du Famennien (en position topographique haute) qui contiennent une fraction carbonatée relativement importante. Il faut également tenir compte de facteurs structuraux, lithologiques et géomorphologiques (Ek, 1969).

Sur la carte Louveigné-Spa, la répartition des phénomènes karstiques selon l'âge des terrains est de 18 % pour le Carbonifère et 80 % pour le Dévonien. Ces chiffres ramenés à la superficie d'affleurement donnent une densité estimée à 15 phénomènes karstiques par km² pour le Dévonien contre 6 pour le Carbonifère. Les phénomènes karstiques répertoriés dans la région sont, outre les pertes-chantoirs et les résurgences, des dolines et dépressions paléokarstiques, des abris-sous-roche, des cavités et grottes (figure IV.3). Les phénomènes karstiques dans les calcaires dévoniens présentent un développement important (dont des grottes), tandis que les calcaires carbonifères sont caractérisés par des vallées sèches.

Il existe deux grands types de réseaux spéléologiques (Quinif, 1977):

- le réseau de recouplement souterrain de méandre. Il consiste à relier les deux bras en amont et en aval d'un ou plusieurs méandres par un réseau souterrain phréatique. Une partie ou toute la rivière se perd en amont du méandre en rive ou dans le lit du cours d'eau. En aval, une ou des résurgences vaclusiennes débouchent sur les berges ou dans le lit de la rivière, en rejetant une partie ou toute l'eau emmagasinée.
- le réseau de chantoir-résurgence. Ce type de réseaux est lié aux affluents subséquents⁶ des rivières principales et est faiblement encaissé.

Sur la carte étudiée, seuls les systèmes 'Perte-Résurgence' existent. Par la suite, quelques sites karstiques, particulièrement intéressants et documentés, sont décrits. Des traçages (ou simplement des colorations) ont parfois été réalisés, prouvant ainsi la liaison souterraine. Au droit d'autres sites, les liaisons sont fortement présumées mais non pas été validées par un test in-situ ou par des observations concrètes et précises (par ex., un traçage accidentel suite à une pollution) (figure IV.2).

⁶ Rivière subséquente: cours d'eau de 2^e génération, développé perpendiculairement au pendage des couches

Parmi les données mises à disposition par le SPW sur son portail cartographique, se trouvent les phénomènes karstiques. Il s'agit de la version vectorielle de l'Atlas du karst wallon. Il comprend les sites karstiques ponctuels ainsi que les écoulements souterrains. A chaque élément géographique est liée une fiche descriptive. Toute la Wallonie est couverte. Ces données sont consultables via l'application environnementale WebGIS 'CIGALE' (pour Consultation des Informations Géographiques de l'Agriculture et de l'Environnement), à l'adresse suivante: <http://carto1.wallonie.be/CIGALE/viewer.htm>

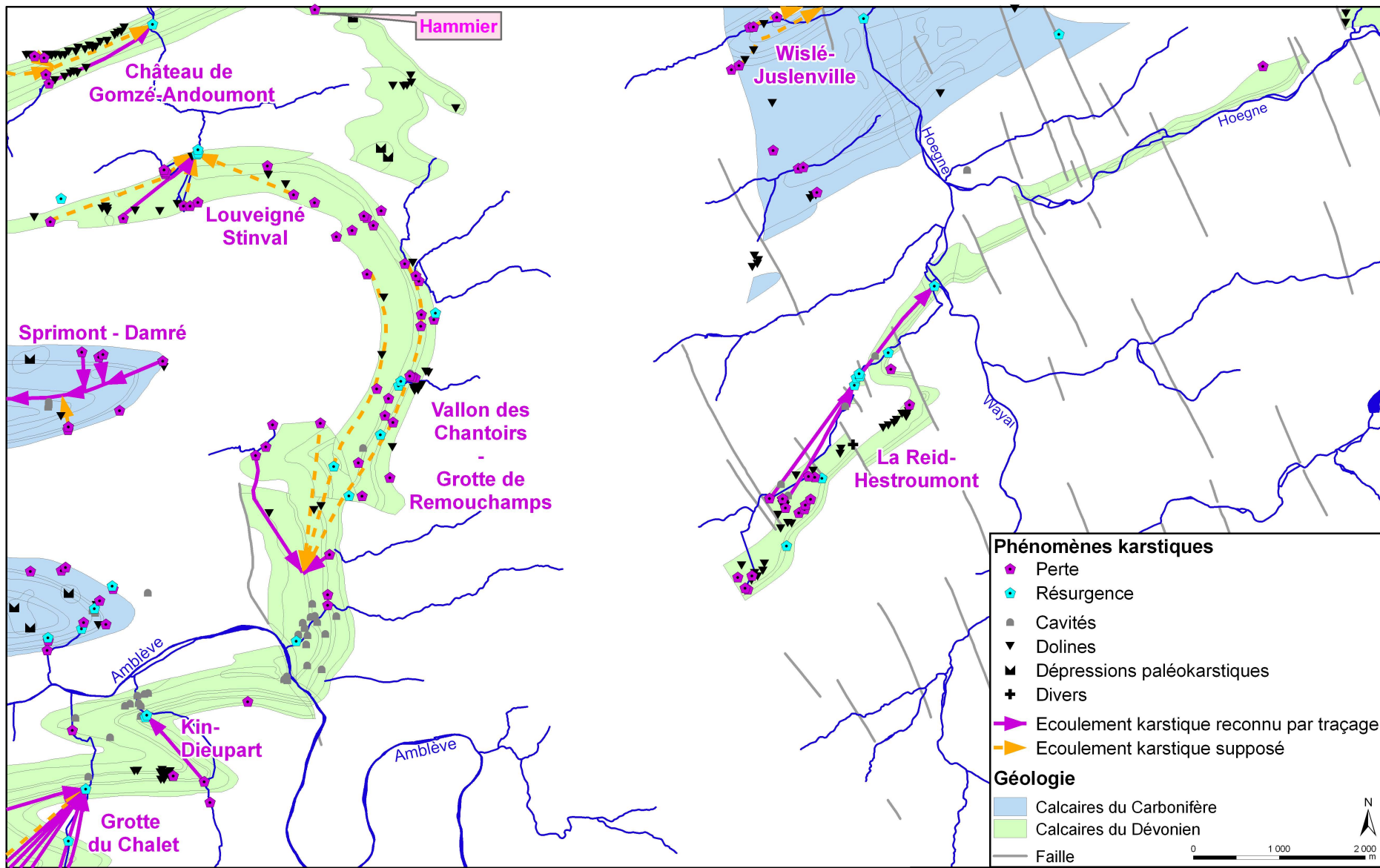


Figure IV.3 : Phénomènes karstiques - Carte Louveigné-Spa

Hammier

Dans le nord-ouest de la carte Louveigné-Spa, se trouve le système karstique du Hammier, situé également sur la carte au nord (Fléron-Verviers)(figure IV.3). Le ruisseau de Wisgrifond se perd au contact des calcaires givetiens. L'entrée du système, le chantoir du Hammier, n'est actif qu'en périodes de forts débits. Cette perte remonte vers l'amont, attestant d'un karst toujours actif. La zone en amont du chantoir, à hauteur de la route, est marécageuse. La résurgence de ce système se situe environ à 500 m du chantoir (carte 42/7). Cette liaison a été prouvée par traçage (Nys, 1930).

Château de Gomzé-Andoumont

Dans cette même bande septentrionale de calcaires dévoniens, à l'ouest du chantoir du Hammier, s'est développé le système karstique "Château de Gomzé-Andoumont / Gros Confin" (figure IV.4). De nombreux phénomènes karstiques sont observés dans cette bande calcaire: des pertes totales ou non, pérennes ou intermittentes, diffuses ou non, des dolines, souvent remblayées ainsi qu'une résurgence. Géomorphologiquement, on observe des vallées sèches et aveugles. Ainsi, le ruisseau de Froide Fontaine s'engouffre au droit de la perte du Château de Gomzé-Andoumont pour réapparaître à la résurgence du Trou du Renard (ou Résurgence des Forges), située près du ry de Mosbeux (bassin de la Vesdre). Cette liaison souterraine a été prouvée par un traçage à l'uranine (Nys, 1929a). Cette résurgence est sans doute également alimentée par les eaux qui se perdent dans d'autres chantoirs situés dans la partie septentrionale de la bande calcaire. Vers l'ouest (carte 49/2-Esneux), les chantoirs de Gros Confin participent aussi à l'alimentation de cette résurgence. Tout le système a été fortement perturbé dans la partie amont par les constructions de l'autoroute E25 (qui passe à environ 3 km à l'ouest de la résurgence). En effet, les eaux pluviales de l'autoroute sont envoyées, via des tuyaux en béton, vers ces points d'infiltration.

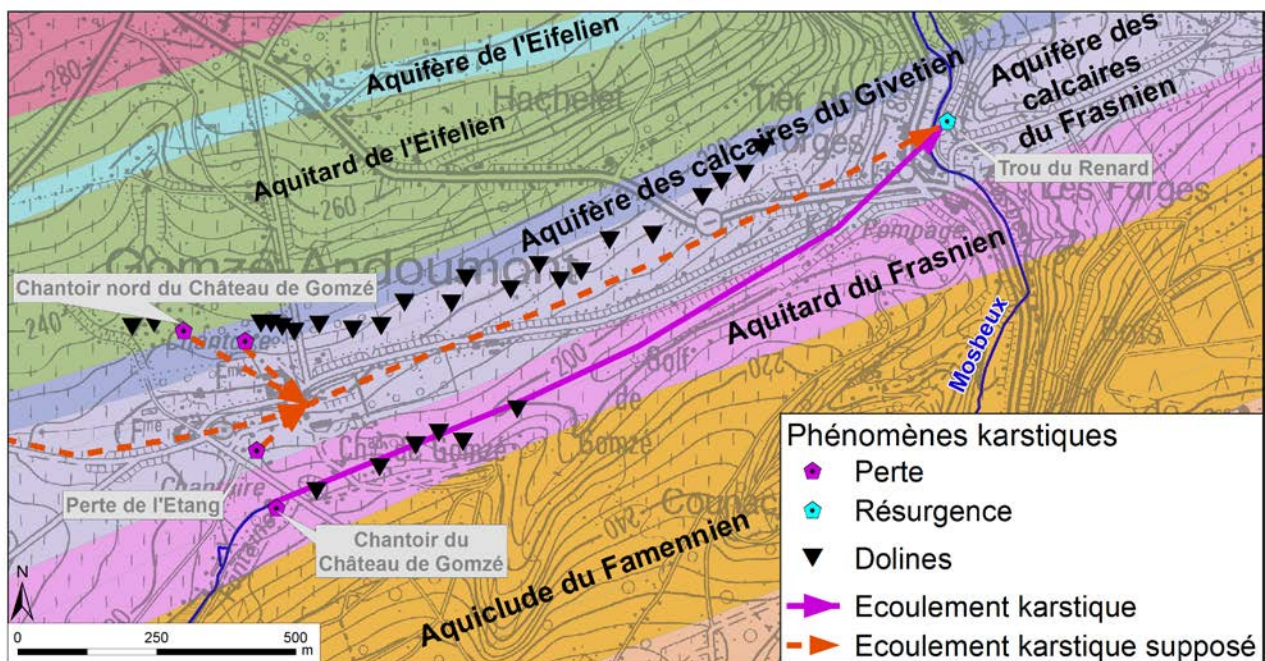


Figure IV.4: Site karstique du 'Château de Gomzé-Andoumont / Gros Confin'

Louveigné-Stinval

Le système karstique de Stinval, situé en bordure sud-ouest du bassin de la Vesdre, s'est développé dans les calcaires frasniens (figure IV.5). Le niveau de base du réseau est donné par la résurgence 'Fontaine de Borboux' ou de Stinval, située à 204 m d'altitude. La plus haute perte connue se trouve à 253 m, les calcaires culminant à 262 m (Bernard & Polrot, 2000). Dans la région de Louveigné, les chantoirs sont généralement appelés "pous", puits en wallon (Polrot, 2005). De nombreux chantoirs, en majorité échelonnés le long de la bordure méridionale des calcaires alimentent ce système. Lors de fortes précipitations, certaines pertes ne sont pas capables d'absorber tout le débit et un écoulement de surface temporaire se produit. Les eaux infiltrées réapparaissent en plusieurs petites résurgences donnant naissance au ruisseau de Stinval et à un plan d'eau. Seule la liaison karstique entre le chantoir Est de Sendrone et la résurgence de Stinval a été prouvée par un essai de traçage (Briffoz, 1980). Ce système a été fortement remanié et modifié par l'homme (Bernard & Polrot, 2000). Cette anthropisation se marque par la canalisation des écoulements de surface, par le comblement de dolines, de pertes et par la création de pseudo-dolines issues de l'activité extractive (sables, argiles...).

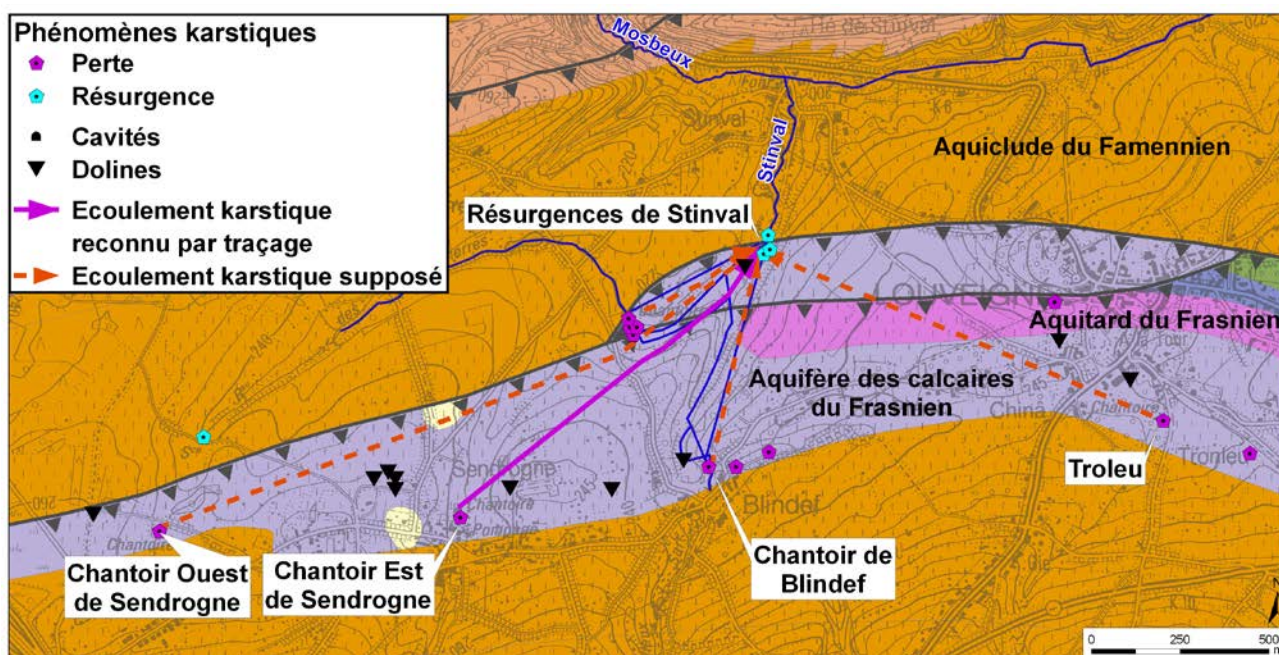


Figure IV.5: Site karstique de Stinval (Louveigné)

Sprimont-Damré

L'extrémité du synclinal calcaire de Chanxhe-Sprimont se situe sur la carte Louveigné-Spa. De nombreux phénomènes karstiques sont recensés dans ces formations du Carbonifère. Un réseau karstique y est bien développé dont le Trou Bleu (sur la carte Tavier-Esneux) constitue l'exutoire. Les pertes amont du système sont situées sur la carte étudiée (figure IV.6). A l'est, le Trou du Renard, situé dans l'axe du synclinal, absorbe les eaux du ruisseau de Cornemont. Ce chantoir a fait l'objet de plusieurs colorations (Nys, 1929b; Briffoz, 1983). La liaison entre cette perte et la résurgence du Trou du Renard (distance: 6,6 km, dénivelé: 160 m) est ainsi établie. Au départ des

chantoirs septentrionaux, des traçages ont également eu lieu. L'impact de l'autoroute sur ce système karstique est important. Un apport de sédiments est introduit dans le système par l'intermédiaire des tuyaux en béton, souvent très chargés voire parfois colmatés, récupérant les eaux de ruissellement du talus autoroutier.

Dans ce synclinal calcaire, le karst est toujours très actif. Les fréquents et importants déplacements des points de perte ont été l'objet de plusieurs études (Ek *et al.*, 1997).

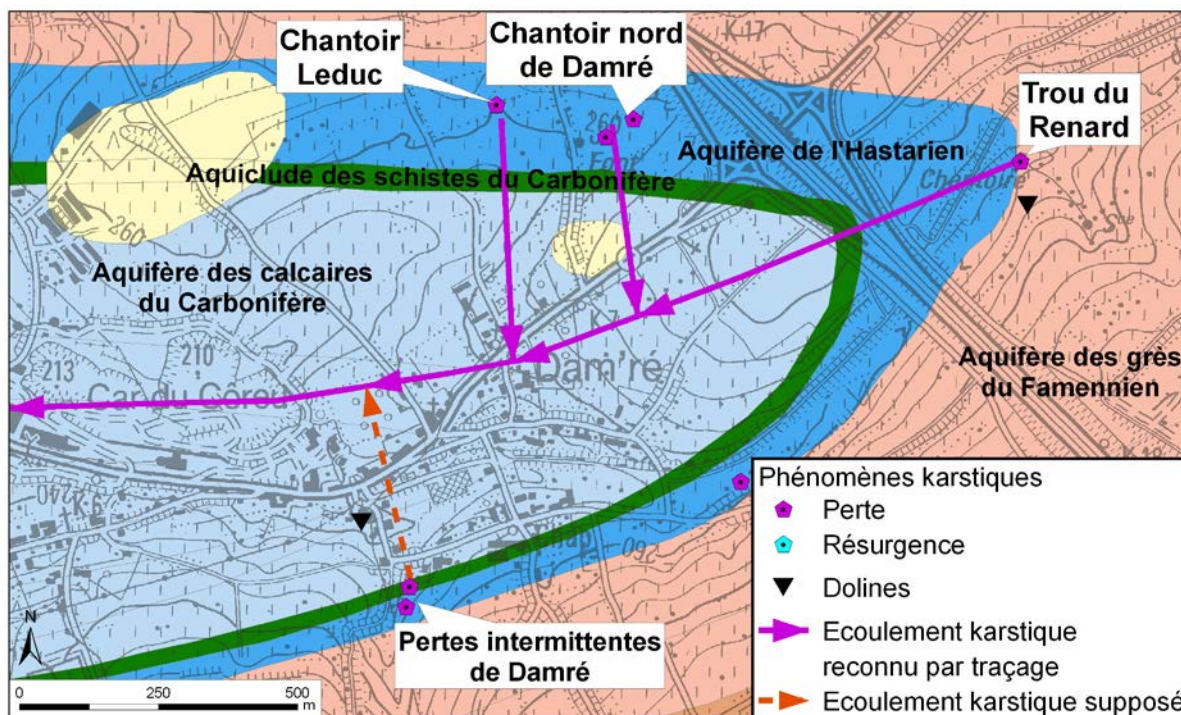


Figure IV.6: Site karstique de Damré (Sprimont)

Vallon des Chantoirs – Grotte de Remouchamps

Le Vallon des Chantoirs s'étire suivant une direction nord-sud dans la bande de calcaires dévoniens formant la Calestienne. Ce vallon est célèbre pour ces nombreux phénomènes karstiques⁷ (pertes, résurgences...) dont la grotte de Remouchamps. Le karst de cette région est toujours actif. Les chantoirs sont localisés soit au contact du Famennien-Frasnien à l'ouest, soit au contact de l'Eifelien-Givetien à l'est (figure IV.3). De petites vallées sèches sont observées en amont des chantoirs. Ces derniers sont répartis en deux types: chantoirs pérennes et chantoirs intermittents (nommés aussi chantoirs de crues). Ceux-ci, situés plus bas, fonctionnent lors de fortes précipitations lorsque les pertes en amont ne peuvent absorber tout le débit des ruisseaux. Il

⁷ Parmi les sources bibliographiques utilisées pour la rédaction du paragraphe sur les phénomènes karstiques du Vallon des Chantoirs, outre ceux déjà cités dans l'introduction et dans le texte, le site consacré aux cavités souterraines d'intérêt scientifique a aussi été consulté (<http://environnement.wallonie.be/csis/>).

en va de même pour quelques résurgences intermédiaires, actives uniquement lors d'importantes pluies. De nombreuses zones marécageuses sont aussi observées dans le fond des prairies.

Bien que toutes les liaisons karstiques ne soient pas strictement prouvées par des essais de terrain, toutes les eaux de surface absorbées par ces nombreux chantoirs rejoignent, *in fine*, le collecteur souterrain principal du Vallon des Chantoirs: le Rubicon. Cette rivière souterraine, navigable sur plus de 700 m, occupe l'étage inférieur de la grotte de Remouchamps et se jette dans l'Amblève, quelques mètres en-dessous de l'entrée touristique de la cavité. Le débit moyen du Rubicon est de 500-600 m³/h. La galerie supérieure, contrairement à la galerie inférieure, est fossile. Elle est constituée de couloirs spacieux donnant accès à des salles de grandes dimensions richement concrétionnées dont la "Salle de la Cathédrale". La longueur totale des galeries des deux niveaux superposés est de 3883 m (cumul du réseau investigué) pour un dénivelé de 110 m.

Dans le Vallon des Chantoirs (figure IV.7), le site de Deigné constitue l'un des exemples de pertes et résurgences temporaires. Les pertes de Deigné-Chefosse absorbent les eaux du ry des Stanches. En fonction du débit du ruisseau, toutes ne sont pas forcément actives. Lors de fortes crues, de l'eau ressort au droit des résurgences. En période normale, les eaux engouffrées dans les pertes rejoignent les écoulements souterrains du Vallon des Chantoirs.

La zone d'Adzeux marque l'entrée la plus septentrionale du système karstique du Vallon des Chantoirs. Les dolines-pertes au nord absorbent les précipitations et les eaux de ruissellement. Ensuite, vers le sud, le ruisseau de Banneway se perd totalement dans le chantoir principal d'Adzeux après avoir coulé dans un vallon relativement encaissé dont le lit rocheux est constitué de plusieurs petites pertes. La perte terminale se fait au contact Givetien-Frasnien. Elle évolue toujours (recul vers l'amont des points d'infiltration). Il est ainsi possible d'observer en aval un chantoir fossile, seulement actif lors de grosses crues. La relation hydrogéologique entre le chantoir et la grotte de Remouchamps est supposée (pas de traçage), mais elle est très probable.

A l'ouest de ces pertes, on observe le Chantoir de Grandchamps où le ruisseau du Fond des Pipires se perd totalement. Ce point karstique, tout comme le Chantoir d'Adzeux, n'est pas un simple trou d'infiltration, une cavité formée de quelques galeries s'est développée (481 m). L'originalité du Chantoir de Grandchamps se marque aussi par la présence d'une cascade de 10 m au fond d'une vaste dépression boisée. La vallée sèche en aval témoigne du recul progressif du chantoir (karst actif). Cette liaison karstique avec le Rubicon n'est pas prouvée, mais à nouveau très probable.

Au sud-ouest de Deigné, se trouvent les chantoirs du Trou Lecoq, Hotchamps et Béron Ry. Le Trou Lecoq, cavité avec quelques salles et galeries (développement: 489 m), absorbe les eaux du ry Crapori. Ces eaux rejoignent la rivière du Rubicon, bien que la liaison ne soit pas formellement prouvée. Quant à la perte de Hotchamps, elle absorbe les eaux du ry de Brusson, détourné artificiellement pour assécher les prés. Lors de fortes crues, la perte située en contrebas, distante d'environ 250 m, est aussi active. La résurgence de ces eaux est la grotte de Remouchamps (liaison supposée mais quasi certaine). Le Chantoir du Béron Ry reçoit les eaux du ruisseau du

même nom. Les eaux infiltrées arrivent à la grotte de Remouchamps. Cette liaison souterraine a été validée par un traçage en 1903 (CWEPS, 1996). La construction de l'autoroute a fortement perturbé cette zone. D'une part, la profonde tranchée creusée dans la crête gréseuse du Famennien supérieur a eu pour conséquence de tarir la source de l'affluent septentrional principal du Béron Ry (recoupement de la nappe phréatique). D'autre part, au départ, il était question de déverser les eaux de drainage de l'autoroute dans le chantoir, comme cela se fait déjà au chantoir de Gros Confin à Gomzé-Andoumont. Heureusement, le plan de drainage a été modifié et les eaux sont dirigées directement vers l'Amblève (Ek, 1983).

En "rive gauche" de la partie aval du système, le Chantoir de Sècheval s'ouvre dans les calcaires givetiens. Le ruisseau des Minières s'y perd totalement. Au droit de ce point d'absorption, une petite cavité aux galeries subhorizontales s'est développée (350 m). La liaison souterraine entre cette perte et la grotte de Remouchamps est connue depuis longtemps. Les premières colorations datent de 1898 par Van den Broeck *et al.* (1910). Le dernier traçage, en date, a été effectué par Meus (1993).

Il faut noter que le Vallon des Chantoirs est très marqué par l'anthropisation. Plusieurs pertes sont canalisées, des dolines sont régulièrement remblayées. Le passage de l'autoroute a conduit à l'obturation de puits karstiques, de petites grottes. Le plateau s'urbanise de plus en plus créant ainsi des problèmes pour l'évacuation des eaux usées, mais aussi des eaux de ruissellement (imperméabilisation croissante des terrains).

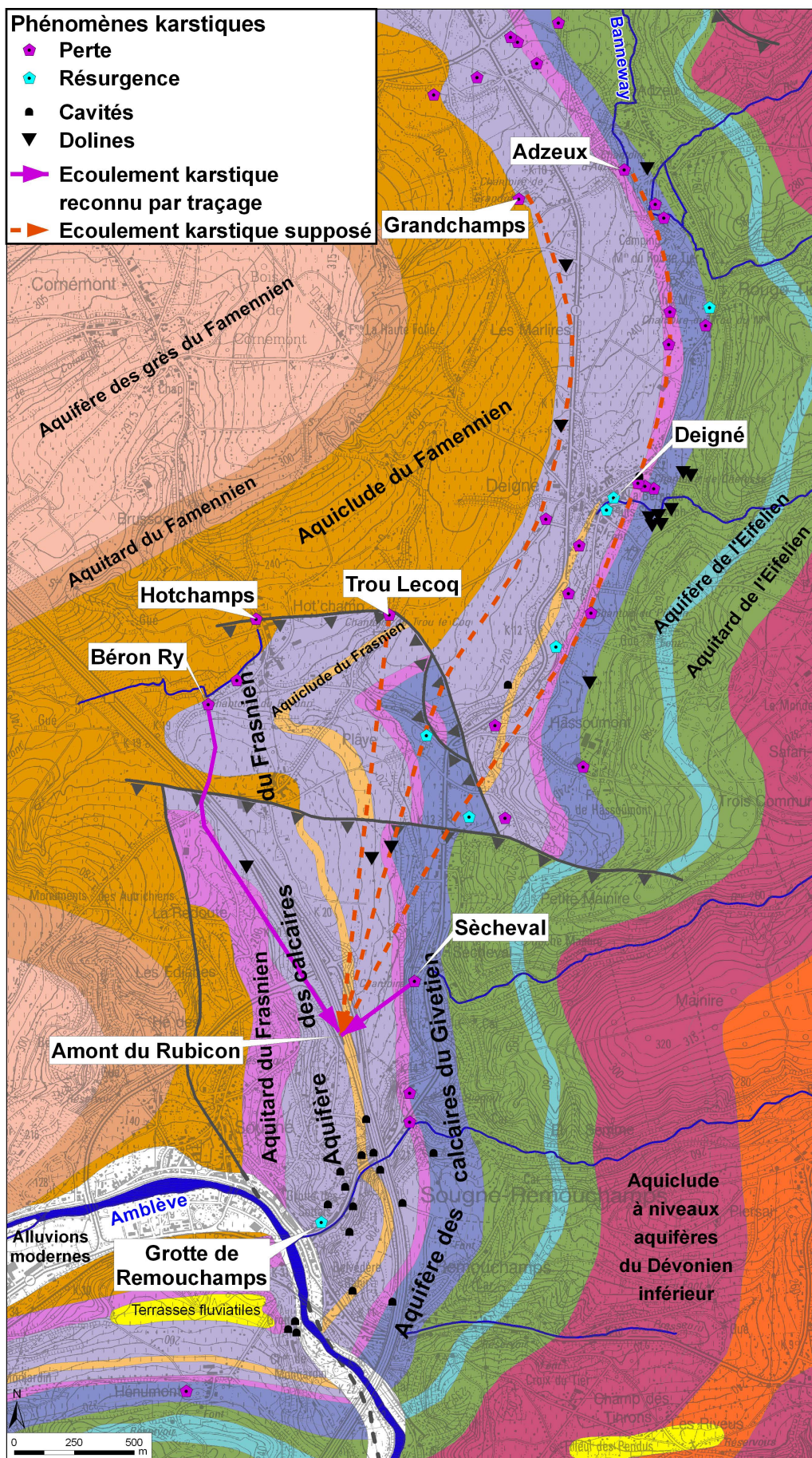


Figure IV.7: Site karstique du Vallon des Chantoirs - Grotte de Remouchamps

Kin-Dieupart

Le système karstique de Kin-Dieupart est relativement simple. Au sud, sur le plateau culminant à plus de 200 m d'altitude, des chantoirs, des dolines absorbantes (dolines-pertes), des dolines de tassements et d'effondrement sont répertoriées (figure IV.8). La liaison souterraine entre le Chantoir de Kin et la Résurgence Dieu Le Père est établie (par Putzeys, signalée dans Van den Broeck *et al.*, 1910). Cette résurgence est pérenne, contrairement à la résurgence de Dieupart, active uniquement en période de forts débits. Une troisième résurgence, non pérenne, a été repérée 10 m à l'aval des deux premières (CWEPESS, FPMs, ULg, 1995-2005). Le chantoir de Kin absorbe toutes les eaux du ruisseau de Kin. Il s'agit d'un gouffre-aven actif donnant sur une vallée aveugle.

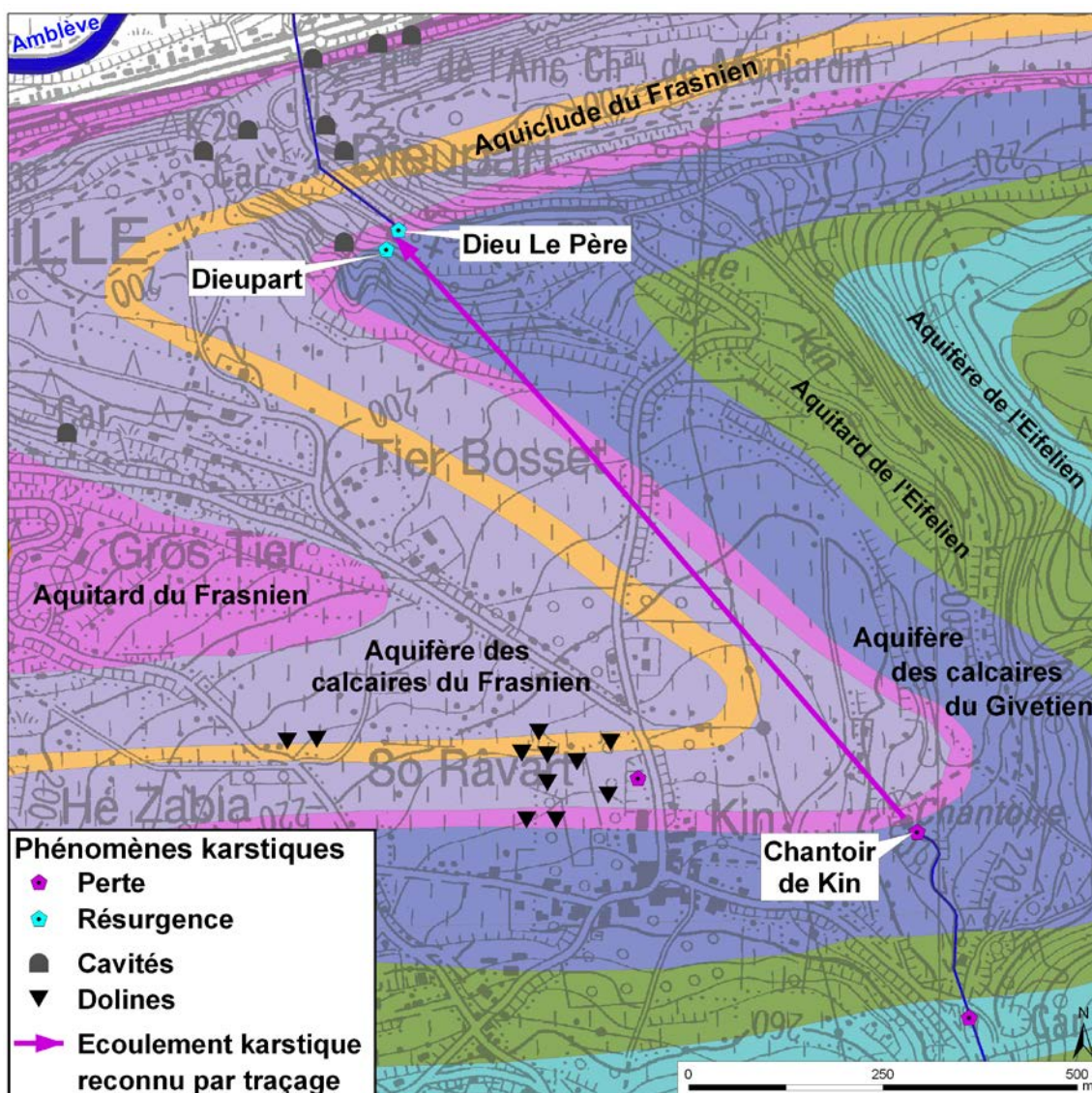


Figure IV.8: Site karstique de Kin-Dieupart (Aywaille)

Grotte du Chalet

Le système karstique de la Grotte du Chalet comporte de nombreuses pertes situées à Piromboeuf (Harzé; cartes 49/2, 49/6, 49/7). Les eaux de surface absorbées par ces chantoirs ressortent à la Grotte du Chalet (figure IV.9). Cette cavité est une grotte horizontale de deux étages dont l'inférieur est parcouru par un ruisseau pérenne. Auparavant, cette résurgence était captée par la SWDE (abandonnée en 1999 vu sa trop grande vulnérabilité). Plusieurs traçages ont été réalisés au départ de ces pertes (Duyckaerts, 1967, *in* CWEPSS, 1996).

La résurgence du Fond de Harzé est intermittente. Elle récupère les eaux infiltrées dans le Chantoir de l'Hermiterie (49/6) et des Pertes du Fond de Harzé (49/7).

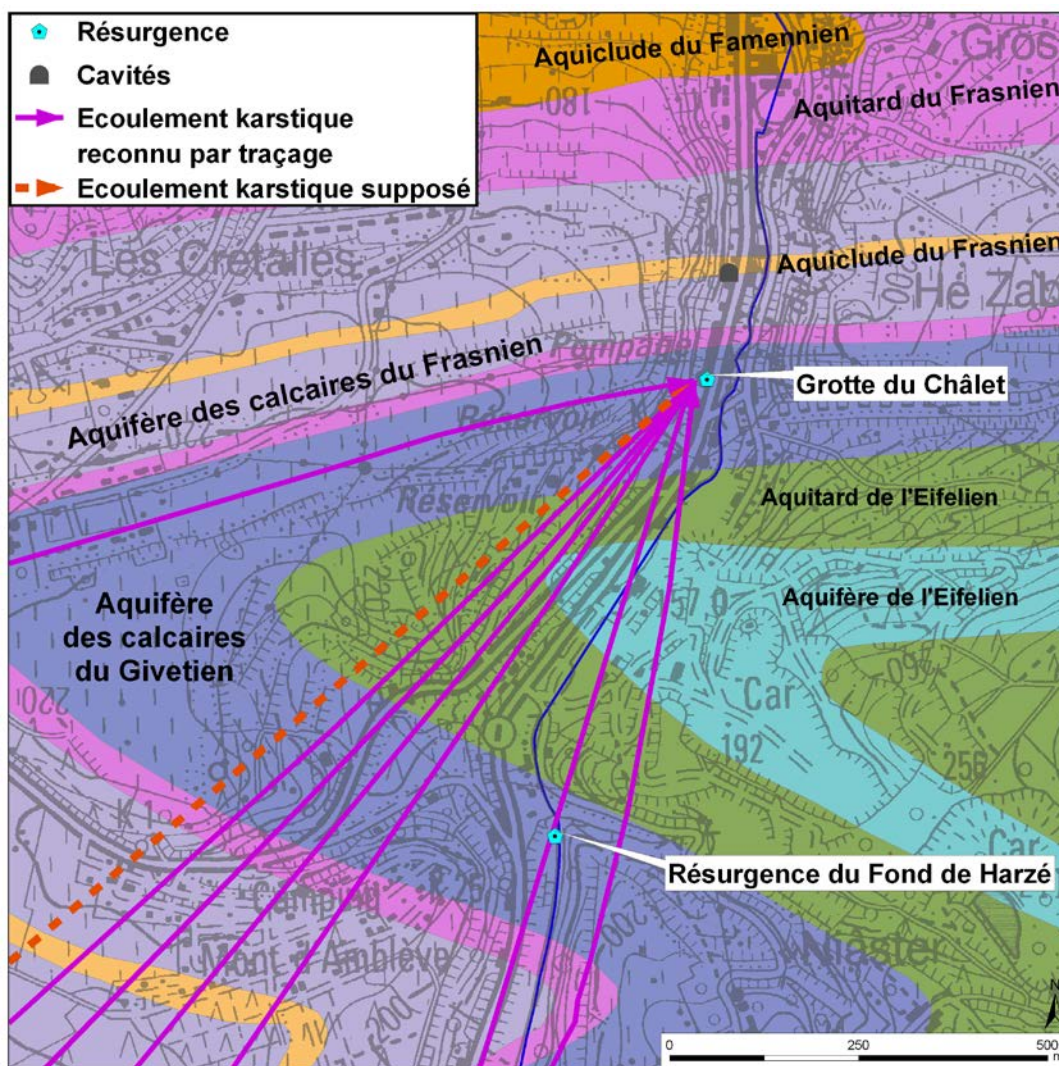


Figure IV.9: Site karstique de la Grotte du Chalet (Aywaille)

Wislé-Juslenville

En rive gauche de la Hoëgne, à hauteur de Ronde-Haie, se sont développées au sein des calcaires carbonifères des petites vallées sèches, sièges d'écoulements souterrains (figure IV.10). Quelques pertes (Chantoir de Ronde-Haie, Chantoirs de la Ferme de Wislé) absorbent les eaux du

Fond de Wisselez et les eaux de ruissellement. Ces eaux réapparaissent à la résurgence de Juslenville (au nord, carte 42/8). Cette liaison karstique n'a pas été prouvée par un traçage. On note aussi plusieurs dolines, absorbantes ou non, parfois remblayées, dans ces deux vallons.

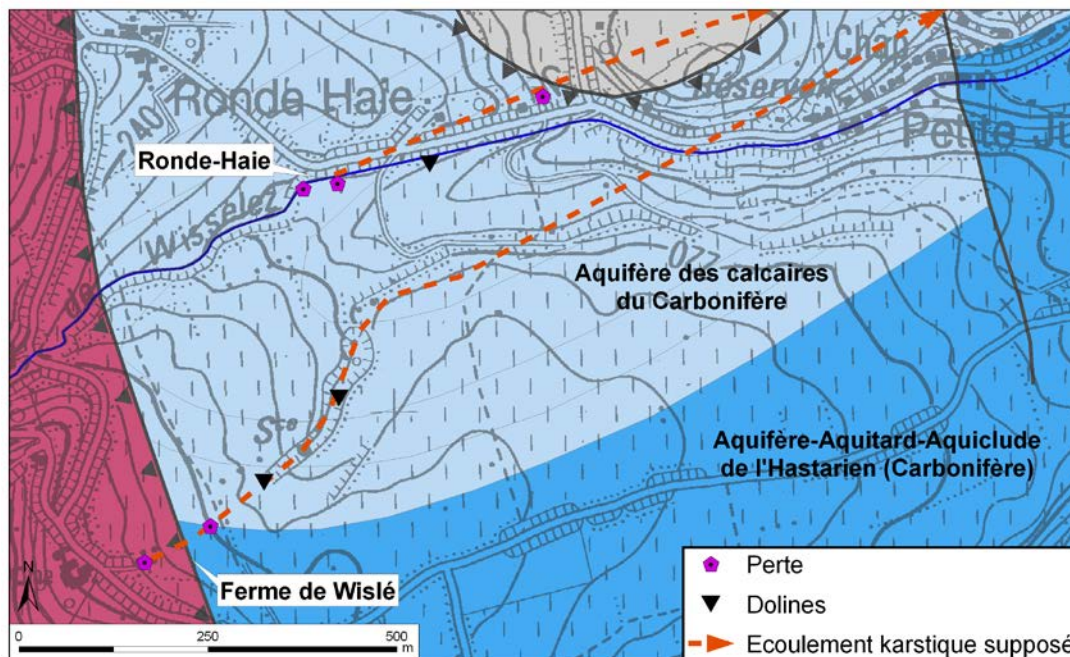


Figure IV.10: Site karstique de Wislé-Juslenville (Theux)

La Reid-Hestroumont

Développée parallèlement à la direction des couches en direction du Wayai, la vallée du Turon parcourt les calcaires dévoniens de la partie occidentale de la Fenêtre de Theux (figure IV.11). Le site karstique La Reid-Hestroumont a fait l'objet de plusieurs études. Les pertes et dolines situées au sud du système drainent les eaux issues de deux vallons débutant à Queue-du-Bois et Fraineux. Des traces d'effondrement sont visibles dans certaines dépressions, de même que certaines dolines ont été, partiellement ou complètement, remblayées.

Directement au nord de La Reid, se localisent le Chantoir de La Reid et la Perte principale du ru de Jehanster. Le premier, composé de multiples points d'absorption, fonctionne de manière pérenne (perte totale du ruisseau de Bierleux). La vallée aveugle est nettement visible à l'endroit du chantoir (paroi rocheuse de 5 m). L'ensemble des phénomènes karstiques associés au ru de Jehanster semble être relativement actif (CWEPSS, FPMs, ULg, 1995-2005). En aval de la perte principale pérenne, des chantoirs de crue fonctionnent lors de fortes pluies, réactivant temporairement la vallée sèche. Les eaux absorbées par ces deux chantoirs ressortent à Hestroumont et à Spixhe (Meus, 1993). A hauteur d'Hestroumont, les eaux ressortent sous pression à la faveur de failles transversales, ramenant les calcaires frasniens en surface. Quelques-unes de ces émergences ne fonctionnent qu'en périodes de fortes crues. Ce système perte-résurgence ne semble fonctionner que lors de fortes précipitations. Il faut aussi noter que ces résurgences jaillissent au sommet de petits cônes de limon, de 2 à 2,5 m de haut (Roland & Marion, 1987). Ces cônes de limons herbus sont appelés localement les borboux

(bourbiers)(Polrot, 2005). Le traceur injecté (rhodamine B) à la perte principale du ru de Jehanster n'est réapparu qu'à cette résurgence. Cependant, il est probable qu'un traceur plus conservatif aurait atteint la résurgence de Spixhe (Meus, 1993). Dans le lit du Turon, en amont de la confluence avec le Wayai, se localise un second exutoire de ce système karstique, exutoire pérenne: la résurgence de la Gouche à Spixhe. Le traçage réalisé depuis le Chantoir de La Reid a mis en évidence la relation entre ce point d'infiltration et la résurgence de la Gouche, mais aussi avec les résurgences d'Hestroumont. Les vitesses de passage sont relativement faibles pour des calcaires frasniens. Les écoulements sont probablement contrariés par les failles transversales (Meus, 1993). Les résultats de ce traçage montrent également que les résurgences d'Hestroumont seraient le débordement des écoulements souterrains dans les calcaires dévoniens.

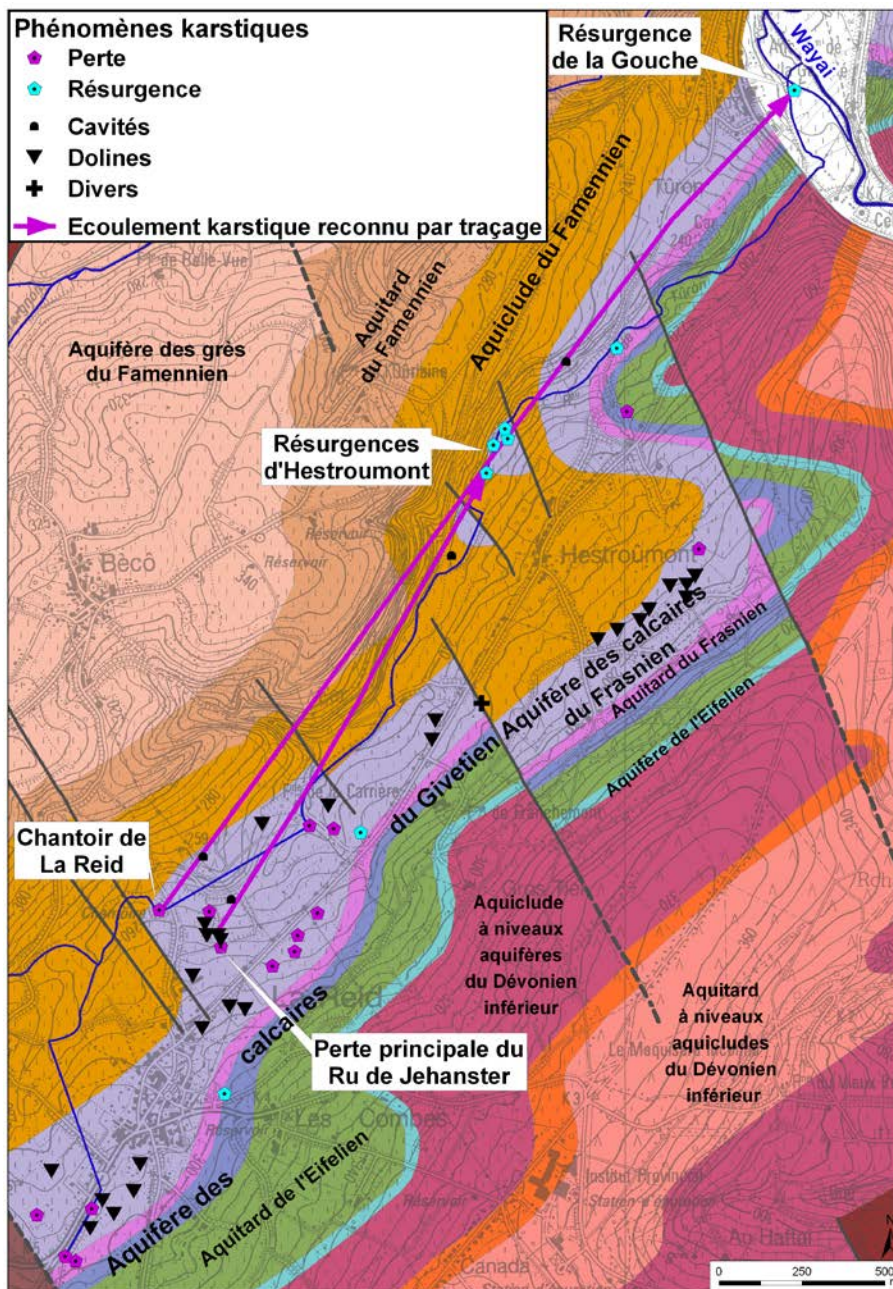


Figure IV.11: Site karstique de La Reid – Hestroumont

IV.2.2 Aquifère des grès du Famennien

Sur la carte Louveigné-Spa, l'aquifère gréseux du Famennien affleure tant dans le Synclinorium de du Dinant qu'au sein de la Fenêtre de Theux. Bien que constituant une ressource en eaux souterraines intéressante, cette unité hydrogéologique est relativement peu exploitée sur le territoire couvert par la carte étudiée. On dénombre un site de captage destiné à la distribution publique en exploitation et plusieurs captages domestiques et industriels.

D'un point de vue hydrogéologique, on distingue deux types de nappes dans ces terrains: la nappe contenue dans la zone altérée du sommet sous la pénéplaine et la nappe de fissures sous-jacente. L'importance de la première est liée au taux d'altération différentielle des schistes, shales et siltites ainsi que des grès et grès carbonatés. Les grès s'altérant en sables peuvent contenir un aquifère intéressant. Par contre, les schistes, qui s'altèrent en argile, sont très peu perméables. Sur ces terrains pénéplanés, l'épaisseur de cette frange altérée peut varier, généralement, de quelques mètres à une vingtaine de mètres. La nappe plus profonde est due à la fissuration élevée induite par la phase tectonique hercynienne. Elle est particulièrement intéressante dans les niveaux gréseux et dans une moindre mesure dans les horizons silteux, moins perméables. Le rôle des failles est sans doute non négligeable surtout lorsque celles-ci ont un remplissage sableux car affectant les passées plus gréseuses. Elles permettent alors de stocker et/ou de drainer des quantités d'eau importantes.

Très peu de mesures piézométriques sont disponibles au droit de cet aquifère. Généralement, la nappe logée dans le manteau superficiel est subaffleurante et on peut considérer que sa surface piézométrique est plus ou moins parallèle à la surface topographique. Le niveau piézométrique de la nappe logée dans les horizons gréseux fracturés est, en général, plus profond. Cependant, ponctuellement, selon les conditions hydrogéologiques locales, le niveau d'eau dans un puits peut être assez proche du sol, si le forage a recoupé un ou des horizons aquifères mis sous pression par les terrains surincombants. Les niveaux d'eau mesurés dans les forages du site de Warnoumont (SWDE) montrent une nappe subaffleurante, l'eau est située à quelques mètres sous le niveau du sol.

La SWDE possède quelques sites de captage sollicitant l'aquifère des grès famenniens sur la carte Louveigné-Spa (figure IV.12). De par la nature des ouvrages et leur importance (en terme de volumes prélevés, certains sont d'ailleurs mis en réserve ou hors-service), peu d'études hydrogéologiques exhaustives ont été réalisées. Le captage de Vieux-Sart (Louveigné) sollicite par voie gravitaire la nappe logée dans les grès. Il est formé de plusieurs drains. L'étude des capacités de ce captage repose sur l'analyse de son bassin d'alimentation. Aucun forage n'a été réalisé. Le bassin hydrographique de cette prise d'eau couvre une superficie d'environ 650 000 m². Le volume prélevé (160 m³/j) est moins important que la quantité d'eau infiltrée dans le bassin hydrographique (postulat: infiltration = 1/3 des précipitations). Ainsi, le bassin hydrogéologique de ce captage est plus petit que son bassin hydrographique (établi selon la topographie des lieux)(SWDE, 2006).

Le site de Warnoumont, situé à 2 km au nord-ouest de Sougné-Remouchamps, est composé de trois puits forés. Actuellement mis en réserve, il est utilisé occasionnellement pour pallier à des défauts d'approvisionnement du réseau. Des tests de pompage ont été menés sur ces puits. Des essais de longue durée (3 jours) réalisés sur P4 indiquent un puits mal réalimenté (remontée lente), une décroissance des transmissivités en cours de pompage (le cône de dépression atteint des zones nettement moins fissurées, latéralement et en profondeur), des pertes de charge autour du puits. La conductivité hydraulique déduite de ces tests est de $2 \text{ à } 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ (LGIH, 1988). Les essais de pompage menés sur les puits P1 & P2 fournissent des valeurs de conductivité hydraulique de l'ordre de $1,5 \text{ à } 1,9 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ (P1) et de $1 \text{ à } 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ (P2). Les pertes de charge autour des puits semblent minimales (LGIH, 1981a).

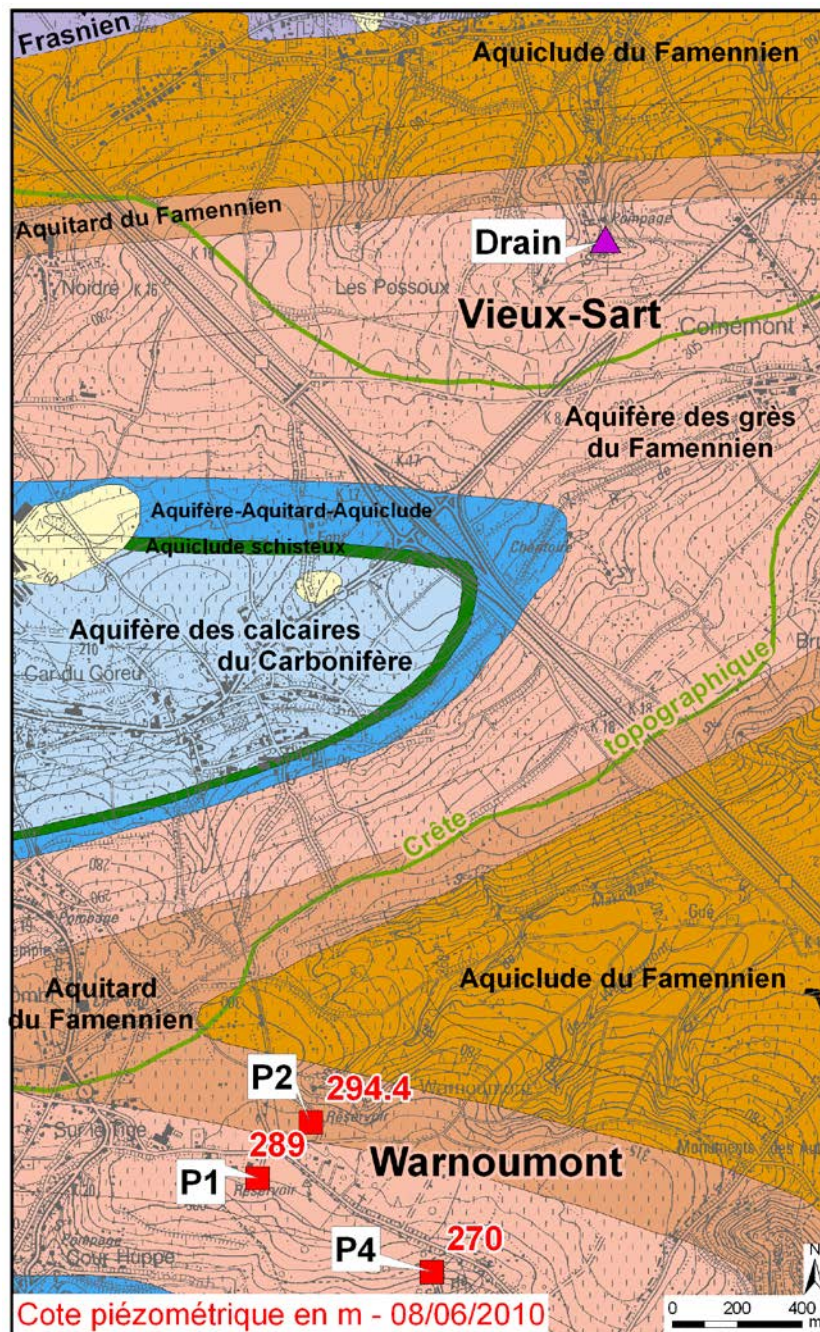


Figure IV.12: Sites de Vieux-Sart et Warnoumont - SWDE

IV.2.3 Unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur

Le Dévonien inférieur de la carte Louveigné-Spa affleure tant dans la Fenêtre de Theux que dans l'extrémité septentrionale de l'Anticlinorium de l'Ardenne (succédant à la bordure orientale du Synclinorium de Dinant). Trois unités hydrogéologiques sont distinguées au sein de ces formations:

- l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur, masse schisteuse où des horizons gréseux, psammitiques ou de poudingue sont intercalés;
- l'aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur, formé de grès et quartzites intercalant des bancs schisteux;
- l'aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur, formé de quartzophyllades et schistes.

Deux types de nappes peuvent se rencontrer dans ces terrains:

- une nappe superficielle (nappe libre) développée dans le manteau d'altération. Cet aquifère perché est généralement de faible capacité et temporaire; il est rechargé par les importantes précipitations automnales et hivernales. Durant les périodes sèches, il se vide via les sources et le réseau hydrographique et peut finir par se tarir (en fonction de sa capacité et des précipitations antérieurs). Ce type d'aquifère est très vulnérable aux activités développées en surface (pouvant générer des pollutions).
- une nappe profonde dans les niveaux fracturés et fissurés. La quantité d'eau qui peut être stockée dans ces fractures et la facilité avec laquelle celle-ci peut s'y déplacer dépendra essentiellement de la nature de la roche. Ce type d'aquifère est généralement mieux protégé des activités anthropiques. Les couches moins perméables (shales, schistes) peuvent rendre localement la nappe sous-jacente captive.

Ardenne (*sensu stricto*)

Les formations géologiques constituant l'Ardenne (au sens géologique du terme) appartiennent aux étages allant du Lochkovien (Gedinnien) à l'Emsien. Les trois unités hydrogéologiques décrites ci-dessus composent cette entité hydrogéologique. Elle s'étend sur une bande traversant la carte du nord au sud, sur une largeur de 2 à 3 km. Cette zone est drainée par l'Ambève coulant au sud et ses affluents dont le Ninglinspo (Nonceveux). En se dirigeant vers le nord, on rencontre plusieurs ruisseaux qui s'écoulent d'est en ouest sur les terrains schisto-gréseux de l'Ardenne. Ensuite, dès qu'ils atteignent les terrains calcaires du Givetien-Frasnien (La Calestienne), ces ruisseaux s'enfuient dans le sous-sol via les nombreuses pertes karstiques. Parmi ces ruisseaux, notons, les Minières, le ruisseau de Stanche, le Fond de Bastin. Au nord d'une ligne passant par Banneux et Hodbomont, le drainage s'effectue en direction de la Hoëgne (bassin de la Vesdre) via le Fond de Wisselet et le ruisseau de Wayot. Ils s'infiltrent dans le sol, dès leur arrivée sur les formations calcaires carbonifères.

Cette région est davantage marquée par son couvert forestier que par son habitat, essentiellement localisé dans la plaine de l'Amblève à Nonceveux (commune d'Aywaille). Dans cette zone se concentre la majorité des ouvrages de prise d'eau sollicitant les eaux logées dans les unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur. La profondeur des puits est très variable, de quelques mètres à une centaine de mètres. Les premiers exploitent soit la nappe alluviale de l'Amblève, soit la nappe superficielle dans le manteau d'altération. Les seconds sollicitent les horizons fracturés plus en profondeur. Ces puits privés sont généralement difficilement accessibles. Les mesures piézométriques sont rares. En dehors de la zone urbanisée, la SWDE et la commune de Theux possèdent plusieurs captages exploitant ces nappes: Haut-Regard et Ménobu, Elnoumont, Hodbomont.

Au lieu-dit Haut-Regard (La Reid), dans le vallon du Gervôvâ, quatre drains sont implantés dans les terrains gedinniens. Ils sollicitent la nappe logée dans la frange altérée de l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur et probablement aussi, en partie, celle logée dans le sommet altéré du socle cambro-silurien (figure IV.13). Un drain reposant sur la roche a été construit à chaque venue d'eau importante. La longueur des drains est comprise entre 19 et 55 m, leur profondeur entre 1,85 et 5 m par rapport au sol. La cote aval des radiers s'échelonne de 346,25 à 348,56 m. Les réserves d'eau souterraine de cette nappe sont variables et soumises aux conditions climatiques. L'eau captée est faiblement minéralisée avec un pH acide (6,4). Au niveau du réservoir, un ajout de carbonate de soude est apporté permettant de reminéraliser l'eau et d'ajuster le pH. Au sud-ouest du site, un niveau d'eau a été mesuré dans un puits

privé (profondeur du puits: 80 m). La cote piézométrique est très proche de la surface topographique (eau à $\approx 2,5$ m). Bien que le log lithologique de ce forage ne soit pas connu, on peut supposer qu'il recoupe divers horizons fracturés mis sous pression par des horizons supérieurs moins perméables.

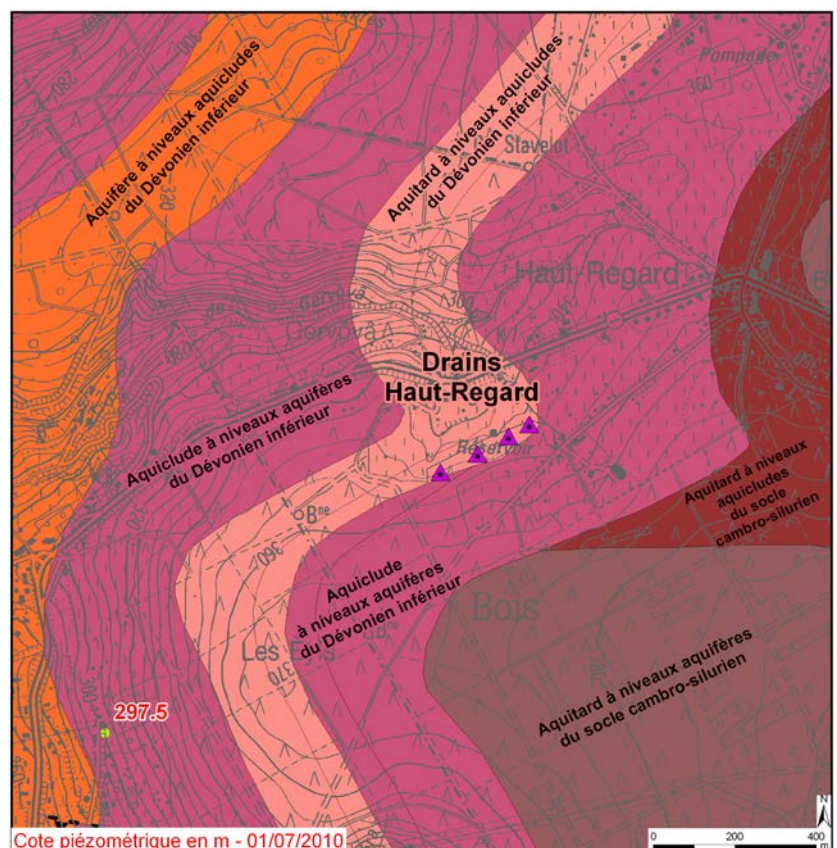


Figure IV.13: Site de Haut-Regard – SWDE

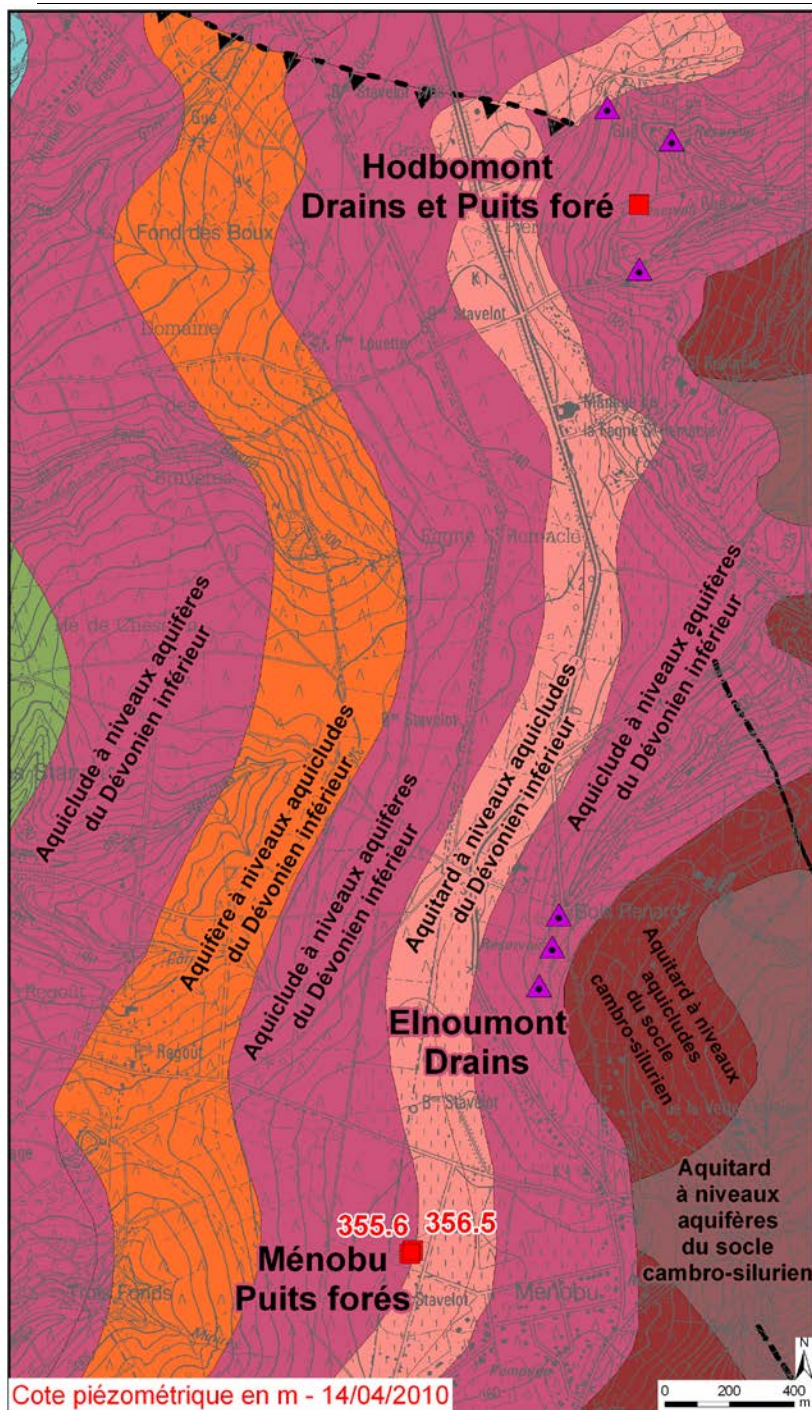


Figure IV.14: Sites de Ménobu, Elnoumont, Hodbomont - AC Theux

Fenêtre de Theux

Les unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur de la Fenêtre de Theux sont peu exploitées sur le territoire de la carte de Louveigné-Spa. Peu de données sont disponibles pour caractériser avec précision le contexte hydrogéologique de cette zone (hauteur piézométrique, sens d'écoulement des eaux souterraines...). Ces unités traversent la Fenêtre de Theux suivant une bande, large de 1,2 à 2 km, orientée SW-NE jusqu'au Wayai puis WSW-ENE (plus ou moins parallèle à la Hoëgne). Des nombreuses failles transversales compartimentent les unités hydrogéologiques.

La commune de Theux possède plusieurs sites de captages dont quelques uns sont implantés dans l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur (figure IV.14). Ces prises d'eau sont soit des drains, soit des puits forés. Les deux types de nappes (superficielle et profonde) sont donc sollicités. Au lieu-dit Ménobu, deux puits forés (39 et 50 m) sont utilisés en renfort du site d'Elnoumont (surtout en été). Les niveaux d'eau statiques relevés en avril 2010 indiquent une nappe assez proche de la surface (niveau d'eau à 5,93 et 8,39 m). Le site d'Elnoumont est composé de 3 drains, long de quelques mètres à 30 m. D'après les renseignements fournis par le fontainier communal, le débit des drains est très différent en été par rapport à l'hiver (facteur 2). A Hodbomont, seul le forage est toujours utilisé (profondeur du puits: 76 m). Les drains fournissent un débit trop faible et ont connu quelques problèmes de contamination. En phase de pompage, l'eau dans le puits se trouve à plus de à 40 m de profondeur (avril 2010, niveau piézométrique dynamique).

Elles mettent aussi en contact des terrains de lithologie différente (et donc de perméabilité différente). Les échanges entre unités hydrogéologiques en sont affectés. Le drainage est assuré par le Wayi et son affluent le Chawion, et également par la Hoëgne.

Sur le versant sud (rive gauche) de la Hoëgne, se trouve le drain captant 'Bois de Staneux' appartenant à l'administration communale de Theux (figure IV.15). Cette prise d'eau, longue d'une vingtaine de mètres, sollicite la frange altérée de l'aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur. Géologiquement, ce site est dans une zone fort chahutée (failles transversales, plis secondaires). Ce drain est implanté dans une zone boisée. Le volume d'eau prélevé par le drain est assez faible, 600 à 700 m³ par an. Aucune étude hydrogéologique n'a été réalisée.

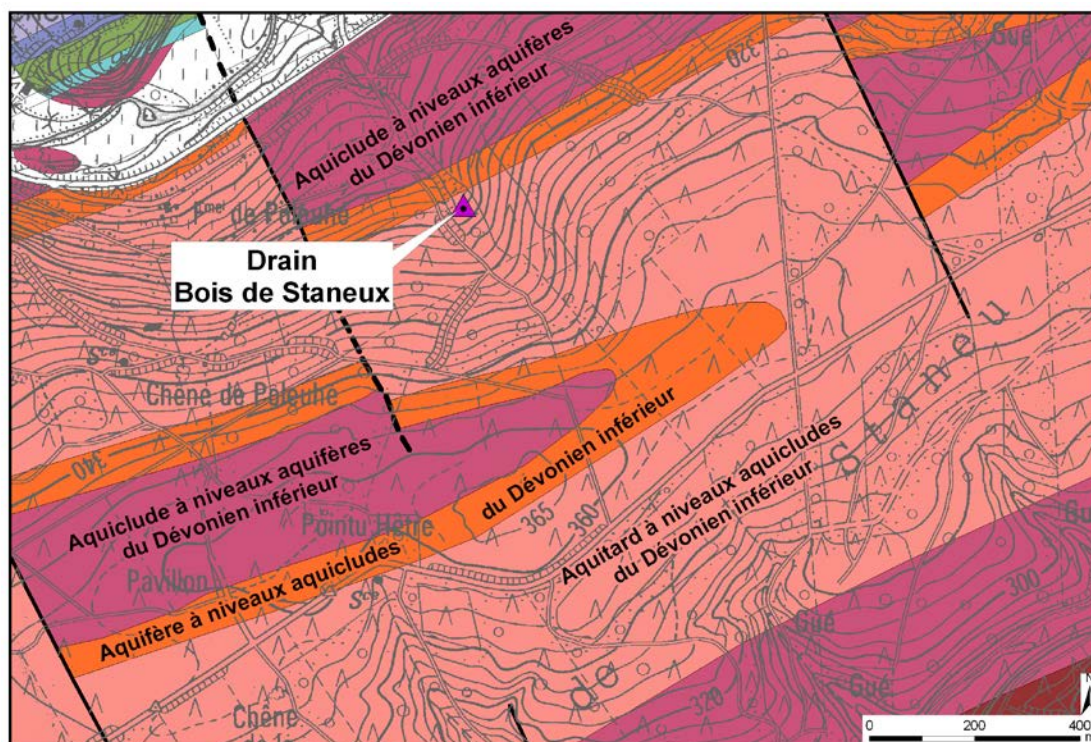


Figure IV.15: Site "Bois de Staneux" - AC Theux

IV.2.4 Unités hydrogéologiques du socle cambro-silurien

Les unités hydrogéologiques du socle cambro-silurien de la carte Louveigné-Spa appartiennent au Massif de Stavelot et à la Fenêtre de Theux. Elles occupent un peu plus du quart de la carte, soit environ 45 km². Ces terrains sont essentiellement couverts par des bois et forêts, excepté l'agglomération spadoise. Une soixantaine d'ouvrages souterrains est répertoriée dans ces nappes dont la majorité appartient à Spadel s.a. et à la ville de Spa. Quelques prises d'eau sont la propriété de la commune de Theux. Les autres titulaires sont des particuliers.

Les eaux s'écoulent dans deux bassins principaux. Au sud-ouest, le Ninglinspo et ses affluents font partie du bassin de l'Amblève. Environ 40 km² de la surface d'affleurement du socle cambro-silurien est situé dans le bassin du Wayai (bassin de la Vesdre). Dans ce bassin, les eaux sont drainées, entre autres, par l'Eau Rouge, les ruisseaux de Winamplanche, de Géronstère et Berenzen, et la Picherotte.

Dans le sud de la commune de Theux, à proximité de Desnié, la galerie drainante du Ry Sauvage est exploitée pour l'approvisionnement en eau potable de la population (figure IV.16). Cette galerie longue d'une cinquantaine de mètres sollicite l'aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien. Le radier est situé environ à 7 m de la surface du sol.

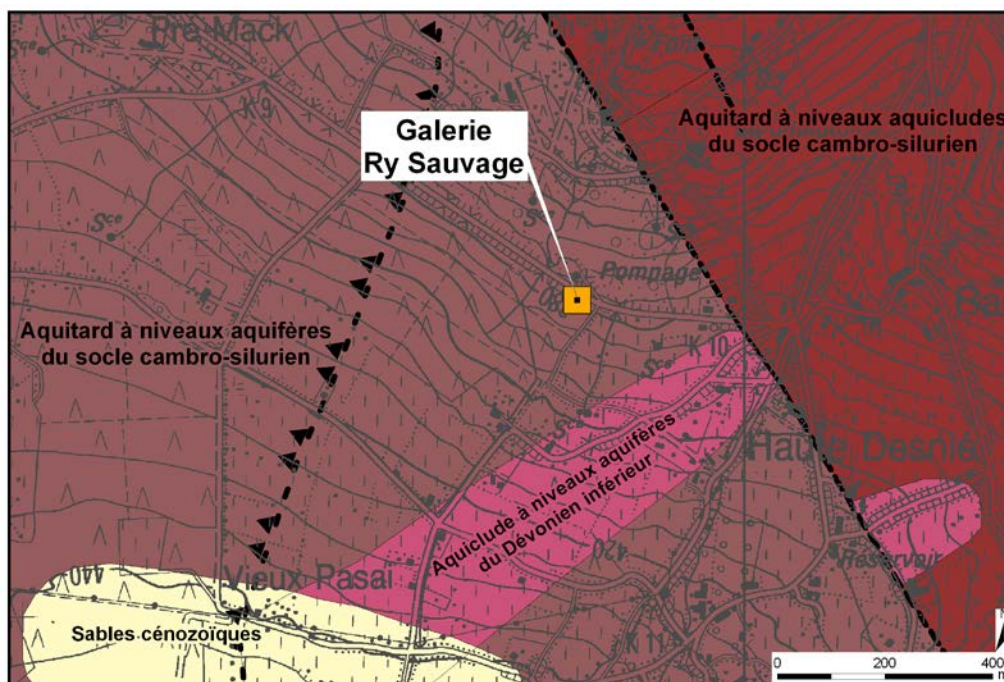


Figure IV.16: Site du Ry Sauvage - AC Theux

Eaux minérales de Spa

Les eaux captées par le groupe Spadel s.a. dont fait partie Spa Monopole proviennent de l'aquitard à niveaux aquicludes et de l'aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien. Les eaux de Spa ont fait l'objet de nombreuses études hydrogéologiques, entre autres par l'Université de Liège (LGIH) et l'Institut Henrijean (laboratoire de recherches et d'hydrologie du groupe Spadel), depuis les années septante. En outre, les pouhons⁸ historiques de Spa ont été reconnus par le Ministère de la Santé comme eau minérale naturelle et thermale depuis 1889. Ce chapitre est basé sur ces études ainsi que sur le dossier de délimitation des zones de protection des prises d'eau souterraine de la région de Spa.

Le substratum de la région spadoise est formé de roches paléozoïques du socle cambro-ordovicien, constituées de phyllades, de quartzites et de quartzophyllades en bancs d'épaisseur variable, surmontés sur les crêtes topographiques d'argiles à silex mésozoïques, de sables

⁸ Pouhon: terme wallon (*poujhon* ou *poûjon*) désignant une source minérale naturellement gazeuse pouvant être ferrugineuse ou saline ou bien encore alcaline ou sulfureuse.

cénozoïques et de dépôts récents (tourbes et colluvium). D'un point de vue tectonique, ce bed-rock a subi différentes phases de plissements d'âge calédonien et hercynien. Les plis sont nombreux et ont une orientation WSW-ENE avec un déversement général vers le nord et un ennoyage ouest. De nombreuses failles transverses recoupent les formations avec une direction principale NNW-SSE à NW-SE et une direction secondaire NNE-SSW. Lors des périodes d'exondations qui ont suivi ces deux orogénèses, les roches paléozoïques ont subi une paléoaltération dont le résultat est notamment une déminéralisation plus ou moins profonde et importante des zones supérieures du bed-rock. La base de cette zone paléoaltérée est fluctuante et la cote approximative dans la région de Spa serait de 400/440 m. La cote de base des dépôts de résidus à silex est approximativement à 545 m. Par contre, on retrouve des poches résiduelles de sables à des altitudes inférieures (figure IV.17).

Dans ce contexte géologique, les formations susceptibles de contenir une nappe aquifère sont:

- les quartzites et quartzophyllades du bed-rock qui contiennent une nappe de fissures;
- le manteau d'altération car son épaisseur est notable du fait des exondations mésozoïques et cénozoïques;
- les dépôts mésozoïques et cénozoïques qui jouent un rôle de réservoir temporaire suralimentant les nappes du manteau d'altération et du bed-rock situées en aval;
- les formations tourbeuses qui jouent surtout un rôle de régulateur de débit du fait de leur forte capacité de rétention.

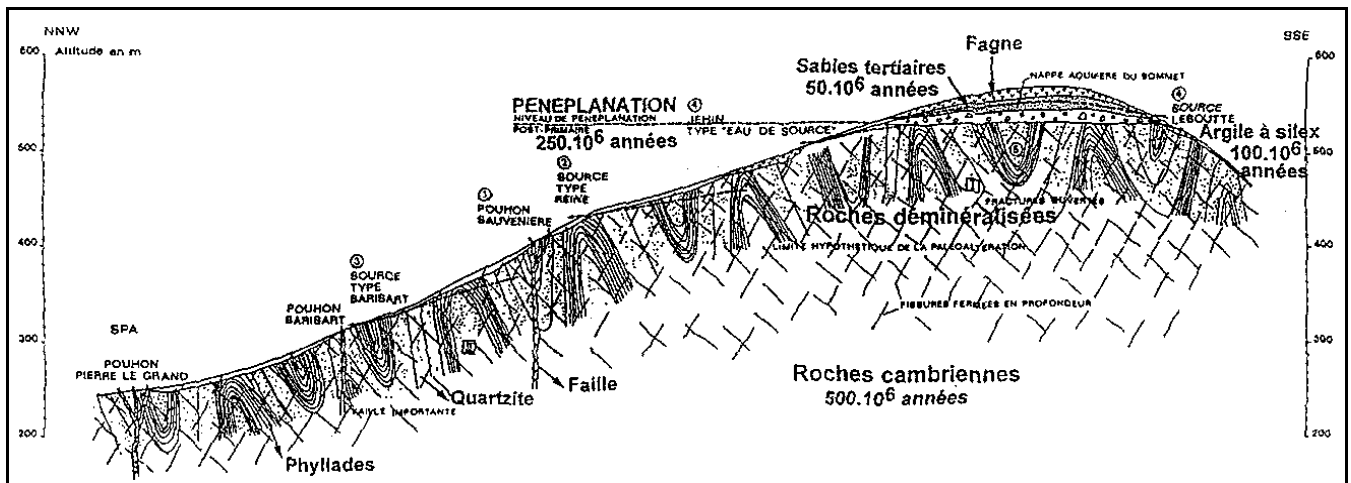


Figure IV.17: Coupe géologique schématique de la région de Spa (Monjoie, 2002)

D'un point de vue hydrochimique, deux grands ensembles hydrogéologiques coexistent dans la région spadoise:

- *les eaux faiblement à très faiblement minéralisées*
 - Ces eaux météoriques récentes infiltrées à travers le colluvium et le manteau d'altération s'accumulent dans les fissures du bed-rock quartzitique engendrant une nappe dans ces horizons. Celle-ci émerge vers l'aval sous forme de site sourcier,

- généralement à la rencontre d'un horizon schisto-phylladeux moins perméable, avec une concentration au droit des accidents tectoniques transverses. Vu la déminéralisation du bed-rock jusqu'à une altitude de 400/440 m (liée à la paléoaltération), les eaux infiltrées y trouvent très peu d'éléments susceptibles de passer en solution, ce qui explique la très faible minéralisation des eaux de type eau minérale naturelle Reine.
- Sous cette cote de 400/440 m, la paléoaltération est moins développée, voire inexistante. Par leur contact plus ou moins prolongé avec des roches moins lessivées qui se situent à des altitudes inférieures, les eaux se chargent légèrement plus en ions dissous: ce sont les eaux de type eau minérale naturelle Barisart.
 - La présence, au-dessus de la cote 545 m, de résidus d'argile à silex en bordure de la Grande Vecquée, surmontés localement de poches résiduelles de sable, permet la mise en place d'une nappe dont la minéralisation totale est généralement plus élevée, fonction de leur contact prépondérant avec les lambeaux résiduels. Ces eaux ont des minéralisations plus variées dans le temps et dans l'espace: ce sont les eaux de source Clairefagne.
- *les eaux ferrugineuses carbo-gazeuses*
 - Le schéma hydrogéologique des venues d'eau minérale carbo-gazeuse correspond à une remontée de l'eau du substratum profond par le chenal des accidents transversaux aquifères. Près de la surface, il y a une dispersion de l'eau dans les fissures des zones détendues et altérées et une même venue d'eau profonde donne généralement lieu à plusieurs exutoires ou pouhons. L'eau piégée sous les nappes aquifères superficielles ne sourd en surface qu'aux endroits où cette couverture est moins épaisse ou plus perméable. L'eau, d'origine météorique ancienne, infiltrée à grande profondeur, s'est chargée en gaz carbonique et en sels minéraux dissous. Le CO₂, en se dégageant par diminution de pression, met la colonne d'eau en émulsion permettant le jaillissement des pouhons. Ceux-ci situés à proximité les uns des autres présentent parfois des variations chimiques en raison de cheminements différents dans les terrains supérieurs. Ces points d'émergence sont souvent localisés au carrefour de failles et avec une limite en altitude (fonction de la possibilité de montée ascensionnelle des eaux suite à l'émulsion des gaz). La plupart de ces venues d'eau émergent sous la cote 450 m. Il s'agit des eaux de type eau minérale naturelle ferrugineuse carbo-gazeuse Marie-Henriette.

Quelques données piézométriques ponctuelles sont disponibles au droit de puits appartenant à Spa Monopole. Cependant, il s'agit essentiellement de niveaux dynamiques, pris lors de pompage.

IV.2.5 Coupe hydrogéologique

Une coupe est présentée sur le poster de la carte hydrogéologique Louveigné-Spa, tirée de la carte géologique de Fourmarier (1958)(coupe V). Cette coupe est dressée sans facteur

d'exagération des hauteurs, donc l'échelle verticale est la même que celle horizontale, à savoir 1/25.000 (coupe 1/1). Elle permet de comprendre dans son ensemble le contexte géologique de la région. Les grands structures géologiques y apparaissent (plis, failles).

La coupe hydrogéologique traverse la carte étudiée de part en part selon une orientation NNW-SSE et perpendiculairement à la direction des couches, depuis les terrains carbonifères, au nord, jusqu'aux formations cambriennes, au sud. Les unités structurales recoupées par la coupe sont la Fenêtre de Theux et le Massif de Stavelot. Quelques failles sont croisées dont les Failles d'Oneux et de Rocheux. Les plis sont légèrement déversés vers le nord. Hydrographiquement, la coupe passe par les vallées de la Hoëgne, du Chawion et du Wayai.

La carte Louveigné-Spa est peu fournie en données piézométriques. Quelques niveaux d'eau ont pu être mesurés ci et là. Ainsi, il en va de même de la carte hydrogéologique où seulement quelques hauteurs piézométriques ont été reportées. Dans les terrains schisto/silto-gréseux, schisteux et phylladeux, quartzophylladeux, la nappe est souvent sub-affleurante. Les profondeurs d'eau mesurées dans les formations cambro-ordoviciennes, reportées sur la coupe, sont comprises entre 5 et 15 m sous le sol. On observe les mêmes valeurs dans l'aquitard du Famennien (partie septentrionale de la coupe). D'une manière générale, les niveaux d'eau observés dans les formations calcaires sont nettement plus bas, étant donné une conductivité hydraulique plus élevée.

IV.2.6 Caractère des nappes

Le caractère des nappes rencontrées est spécifié : nappe libre, nappe semi-captive (semi-libre) ou nappe captive. Cette détermination est basée sur le contexte géologique et hydrogéologique régional. C'est la première nappe rencontrée (nappe à l'affleurement, sous la couverture limoneuse) qui est caractérisée. Sur la carte Louveigné-Spa, toutes les nappes sont considérées comme des nappes libres. Il faut cependant nuancer cette caractéristique. Dans les formations du Dévonien et du Cambro-Silurien, les niveaux plus schisteux peuvent également rendre localement captives les nappes logées dans les terrains fracturés gréseux/quartzitiques. Les nappes profondes sont souvent sous pression, les venues d'eau sont rencontrées en profondeur et le niveau de la nappe remonte et se stabilise près de la surface. La nappe supérieure qui est logée dans le manteau d'altération est toujours libre. Cette information est cartographiée sur l'une des cartes thématiques présentées sur le poster.

IV.2.7 Piézométrie de la carte Louveigné-Spa

Les données piézométriques disponibles sont peu nombreuses pour les unités hydrogéologiques de la carte Louveigné-Spa. Elles concernent un nombre limité d'ouvrages (environ 35). On note aussi l'absence de données historiques. Le contexte hydrogéologique relativement complexe de la région ajoute à la difficulté de tracer des isopièzes. Ainsi, des cotes ponctuelles, avec la date de prise de la mesure, sont reportées sur la carte principale (1/25.000).

A défaut d'une couverture piézométrique complète permettant de détailler le sens de l'écoulement souterrain, le niveau de la nappe ou encore le gradient piézométrique, seules des considérations générales peuvent être émises. Le réseau hydrographique pérenne constitue, en général, l'exutoire des nappes aquifères (drainage), indiquant ainsi le sens global de l'écoulement des eaux souterraines. Dans la moitié orientale de la carte, le Wayai et la Hoëgne constituent le niveau de base des aquifères que ces rivières recoupent. Au sud-ouest, c'est l'Amblève qui remplit ce rôle.

Dans les aquifères calcaires, la nappe est susceptible d'être plus rabattue que dans les autres unités hydrogéologiques, présentant ainsi des niveaux d'eau relativement profonds. Les écarts entre les hautes eaux et les basses eaux sont plus marqués. Dans les aquifères moins perméables, la surface piézométrique est souvent proche de la surface topographique et est davantage influencée par la topographie. Dans les unités hydrogéologiques de nature gréseuse, schisto-gréseux, quartzitique ou quartzo-phylladeuse, on rencontre généralement deux types de nappes: nappe superficielle et nappe profonde. Ce schéma se retrouve dans les mesures piézométriques. Des niveaux d'eau peu profonds sont relevés, entre environ 0,1 et 10 m par rapport à la surface topographique, indiquant une nappe subaffleurante. Des profondeurs d'eau plus importantes sont aussi observées, entre environ 10 et 60 m par rapport au sol. Ces niveaux d'eau caractérisent la nappe logée dans les terrains plus fracturés et gréseux du bed-rock. Ces horizons aquifères peuvent localement être semi-captifs à captifs.

V. CADRE HYDROCHIMIQUE

Les analyses chimiques présentées dans les paragraphes suivants ont été réalisées sur des eaux brutes, encore non traitées en vue de leur consommation. Nous ne disposons pas de données suffisantes pour préciser le cadre hydrochimique de toutes les unités hydrogéologiques de la carte.

En Région Wallonne, depuis l'entrée en vigueur du code de l'Eau (3 mars 2005), toute la législation relative à l'eau a intégré les anciens textes réglementaires (décrets et articles). L'arrêté relatif aux valeurs paramétriques applicables aux eaux destinées à la consommation humaine (Arrêté du Gouvernement Wallon du 15 janvier 2004) se retrouve dans les articles R.252 à R.261 de la partie réglementaire du Livre II du Code de l'Environnement. Les annexes décrivant, entre autres, les valeurs fixées pour les paramètres retenus sont reprises sous les numéros XXXI à XXXIV.

Des excavations ont jadis été réalisées (calcaires, sables, grès, argiles,...). Ces anciens sites d'extraction abandonnés et parfois remblayés avec des déchets et matériaux divers sont des points d'infiltration privilégiés vers les eaux souterraines, tout comme le sont les dolines, chantoirs et autres phénomènes karstiques. Ces sources potentielles de pollution sont donc des lieux à surveiller. Deux carrières, de faible extension, sont encore en activité dans la région: la carrière de Staneux à Theux (quartzites emsiens) et la carrière de Correux (calcaire tournaisien) à Sprimont. Une partie de l'ancienne fosse d'extraction de cette dernière est remblayée par des déchets inertes (classe 3). Quelques autres sites sont repris dans l'inventaire des sites de grand intérêt biologique du SPW dont, par exemple, la Heyd des Gattes et la carrière de La Falize à Sprimont (<http://biodiversite.wallonie.be>).

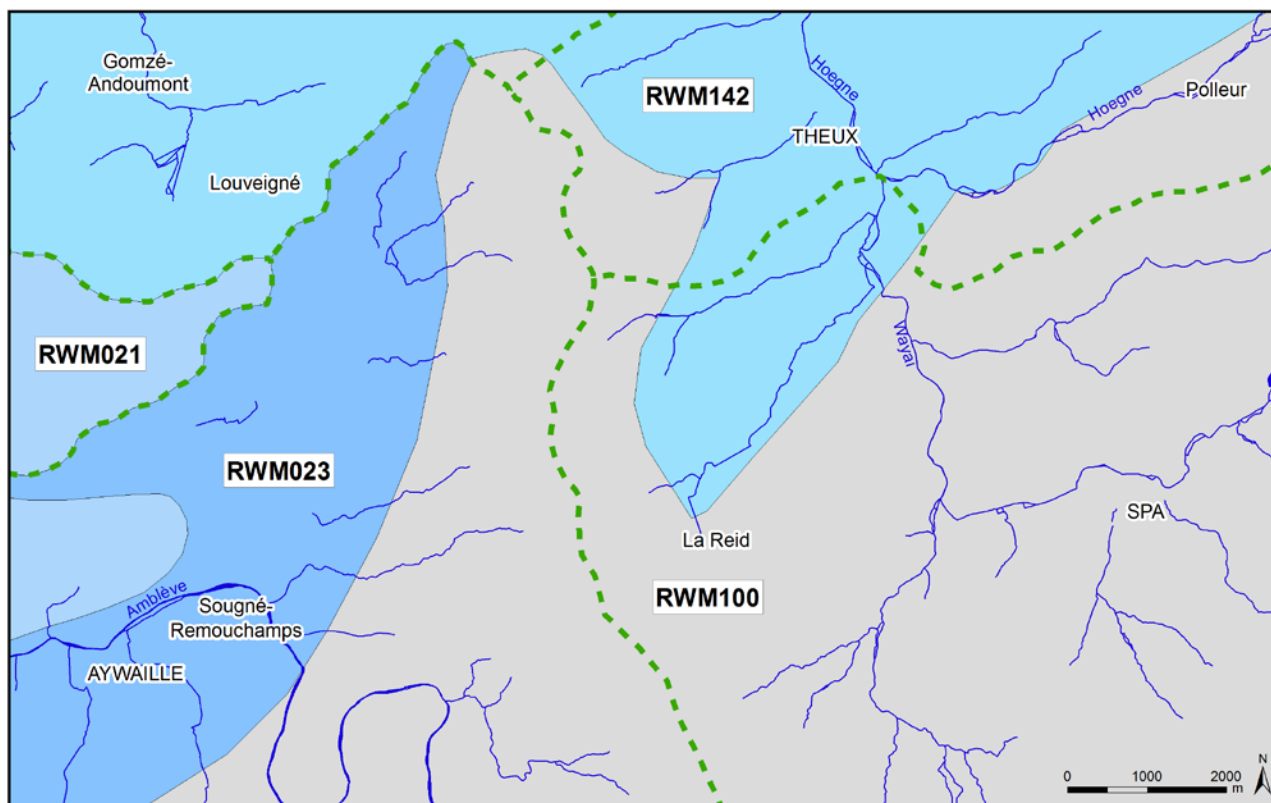
Un inventaire de ces données est disponible auprès des autorités régionales (DGARNE et DGATLPE). En outre, la SPAQuE a inventorié les sites potentiellement contaminés en Wallonie. Ils sont répertoriés dans une banque de données, WALSOLS, consultable sur <http://www.walsols.be/>. Cinq sites, localisés sur la carte Louveigné-Spa, figurent dans cette liste (état des lieux au 01/01/2012) (tableau V.1). Ce point est développé dans le [chapitre V.5](#).

Tableau V.1: Sites WALSOLS sur la carte Louveigné-Spa

<u>Commune</u>	<u>Nom</u>	<u>Code WALSOLS</u>
Aywaille	Les Edjahes	Lg0704-001
Sprimont	Dépôt de Louveigné	Lg6803-002
Theux	Bodart et Gonnay	Lg7103-004
	Moulin Buche	Lg7103-003
	Salle communale	Lg7103-001

Dans le cadre de la mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau, en abrégé DCE (Directive 2000/60/CE), le Service Public de Wallonie a établi un programme de surveillance des 33 masses d'eau définies en Wallonie (http://environnement.wallonie.be/directive_eau). Au niveau des eaux souterraines, un réseau de surveillance de l'état quantitatif et qualitatif a été élaboré et finalisé en

décembre 2006. Quatre masses d'eau souterraine sont définies sur la carte Louveigné-Spa (figure V.1). Dans la partie occidentale de la carte, on a les masses d'eau RWM021 et RWM023. Le nord est occupé par la masse d'eau souterraine RWM142. La masse d'eau RWM100 occupe la partie sud-est de la carte. Excepté la masse d'eau RWM142, toutes ont un état global DCE jugé 'bon' (état chimique et état quantitatif) en attirant toutefois l'attention sur les nitrates. L'état de la masse d'eau RWM142 est classé 'mauvais'. Les nitrates sont le paramètre déclassant. Les concentrations sont assez élevées, particulièrement en rive droite de la Vesdre (hors carte Louveigné-Spa) (DGARNE-DESO et Protectis-Cellule DCE, 2010).



Masses d'eau souterraine (code et nom)

source: http://environnement.wallonie.be/directive_eau

- RWM021 - Calcaires et grès du Condroz
- RWM023 - Calcaires et grès de la Calestienne et de la Famenne
- RWM100 - Grès et schistes du massif ardennais: Lesse, Ourthe, Amblève et Vesdre
- RWM142 - Calcaires et grès du bassin de la Vesdre
- Réseau hydrographique
- Limites des bassins-versants

Figure V.1 : Carte des masses d'eau souterraine de la région de Louveigné-Spa

V.1 CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

V.1.1 Généralités

Identifier rapidement les faciès hydrochimiques des eaux souterraines est l'une des étapes de caractérisation des nappes aquifères. Le diagramme de Piper est l'une des représentations graphiques couramment utilisées pour définir les types d'eau. Le diagramme de Piper est composé de deux diagrammes ternaires dans lesquels sont reportés les proportions en cations et en anions. Le troisième diagramme reprend une synthèse des deux précédents et permet de rapidement caractériser l'eau analysée. Chaque sommet des triangles représente 100% d'un des trois constituants. Pour les cations, on représente en général Ca^{++} , Mg^{++} et $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ tandis que pour les anions, il s'agit de Cl^- , SO_4^{--} et $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{--}$, avec parfois NO_3^- (proportions relatives).

Cette méthode graphique appliquée à plusieurs prises d'eau souterraine de la carte Louveigné-Spa permet d'obtenir les résultats repris à la figure V.2. Il s'agit d'un aperçu partiel de la composition chimique des eaux souterraines de cette région, à défaut d'un jeu complet d'analyses hydrochimiques pour l'ensemble des unités hydrogéologiques définies. Selon les données disponibles, on constate que les eaux souterraines de la carte Louveigné-Spa sont majoritairement de type bicarbonaté calcique et magnésienne. Certaines eaux ont cependant un caractère chloré plus marqué. Ceci avait déjà été établi, notamment par Ek en 1973.

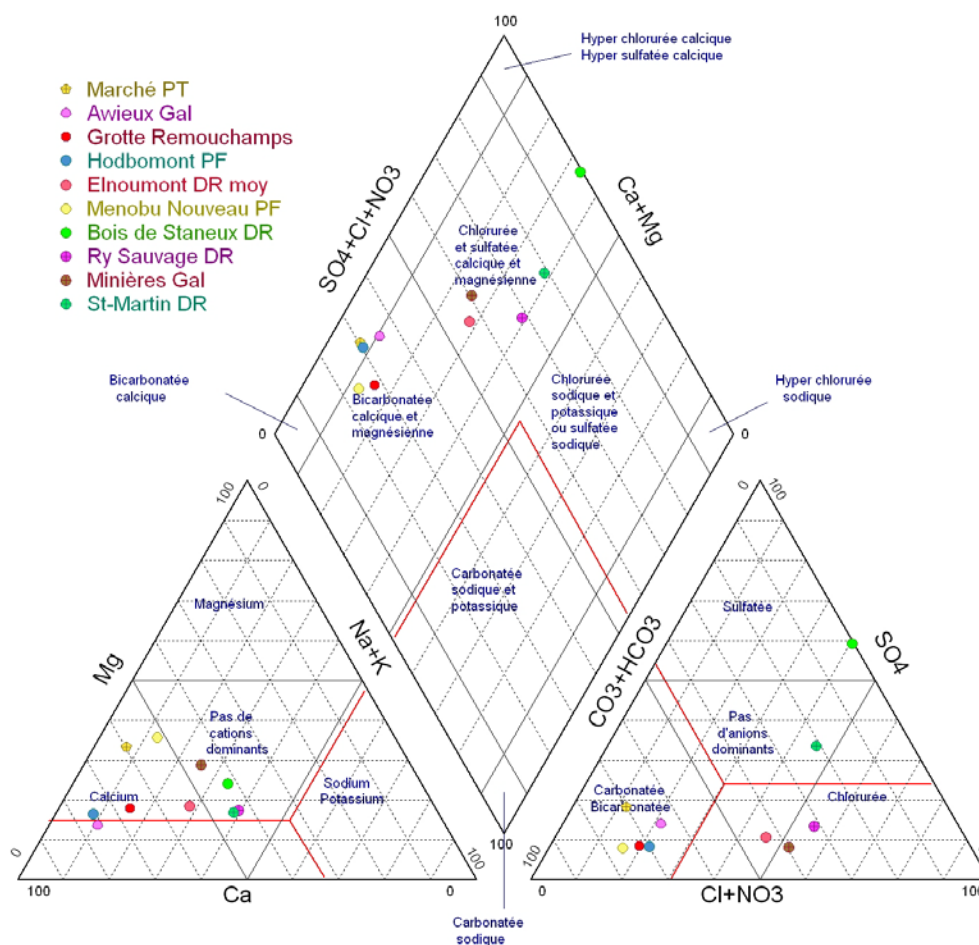


Figure V.2: Diagramme de Piper - Louveigné-Spa

V.1.2 Aquifères des calcaires du Carbonifère et du Dévonien

Dans la région couverte par la carte Louveigné-Spa, l'aquifère des calcaires du Carbonifère est très peu exploité, tout au plus par quelques puits de particuliers. Dès lors, peu de données hydrochimiques sont disponibles pour caractériser l'extrémité orientale calcaire du Synclinorium de Dinant (tableau V.2). La bande calcaire, très karstifiée, de la Calestienne (Dévonien) est également peu exploitée dans la région couverte par la carte. Le résultat des analyses de quelques échantillons prélevés dans les grottes de la zone (résurgence) sont présentés dans le tableau V.3. Les eaux issues de ces aquifères, tant carbonifères que dévoniens, sont de type bicarbonaté calcique, avec un pH neutre à basique et, une dureté et une alcalinité élevées. Les teneurs en nitrates sont, pour certains échantillons, assez élevées tout en restant inférieures à la norme de potabilité.

Tableau V.2: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère

Élément	Unité	Niveau-guide RW	Rocheux	BOUL4
		Code de l'Eau	14/05/2013	22/11/2011
pH	unités pH	6,5 à 9,5	7,69	8,01
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	460	568,3
Dureté totale (TH)	° français	67,5	28,4	30,4
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	22	20,3
Calcium	mg/L	270*	59	83,01
Magnésium	mg/L	50*	33	23,6
Sodium	mg/L	150	5,2	9
Potassium	mg/L	12	0,7	3,38
Bicarbonates	mg/L	-	-	244,66
Carbonates	mg/L	-	-	1,38
Strontium	µg/L	750**	53	-
Fer total dissous	µg/L	200*	<10 (07/03/2005)	90
Manganèse	µg/L	50*	<1	<10
Zinc	µg/L	5000	142	-
Plomb	µg/L	25	<1	-
Sulfates	mg/L	250*	21	49,61
Chlorures	mg/L	200	9	59,75
Fluorures	mg/L	0,1 (1,5*)	0,04	<0,2
Nitrates	mg/L	50	37	7,42
Nitrites	mg/L	0,1	<0,05	<0,2
Ammonium	mg/L	0,5*	<0,05	0,49
Silice	mg/L SiO ₂	-	8	7,25

* norme de potabilité à défaut de valeur-guide - ** selon la Directive européenne

L'eau prélevée au puits foré "Clémentine" est une eau qui peut être qualifiée de géothermale (tableau V.3). La composition de cette eau minérale naturelle est constante dans le temps et répond aux desideratas classiques de la balnéothérapie (résidu sec de 300 mg/L, conductivité de 450 µS/cm, alcalinité élevée de 300 mg/L en bicarbonates). Elle est utilisée pour alimenter les piscines des thermes de Spa (Spadel s.a.).

Tableau V.3: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Dévonien

Élément	Unité	Niveau-guide RW	Fenêtre de Theux		Calestienne	
			Awieux galerie	Clémentine puits foré	Grotte de Remouchamps (Rubicon)	Grotte du Chalet
		Code de l'Eau	13/04/2010 eau chlorée	05/10/2011	21/02/2006	06/03/2013
pH	unités pH	6,5 à 9,5	8,16	7	7,16	7,15
Conductivité	μS/cm à 20°C	2100	409	395	278	479
Dureté totale (TH)	° français	67,5	22,3	-	13,7	25,9
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	15,6	-	8	21,3
Calcium	mg/L	270*	75,5	69,1	41	85
Magnésium	mg/L	50*	8,38	11	6,7	11,3
Sodium	mg/L	150	11,2	9,87	9,6	9,3
Potassium	mg/L	12	1,34	1,62	2,4	1,6
Bicarbonates	mg/L	-	187,11	248	-	-
Strontium	μg/L	750**	<0,05	1224	64	107
Fer total dissous	μg/L	200*	<0,01	7	21	-
Manganèse	μg/L	50*	<0,01	15	12,1	9,5
Zinc	μg/L	5000	-	<3	<20	8
Plomb	μg/L	25	-	<2	<0,5	<10
Sulfates	mg/L	250*	32,51	12,8	21	21
Chlorures	mg/L	200	23,32	11,2	21	19
Fluorures	mg/L	0,1 (1,5*)	<0,08	0,09	0,052	0,07
Nitrates	mg/L	50	22,87	8,54	26	25
Nitrites	mg/L	0,1	<0,08	<0,05	<0,01	<0,05
Ammonium	mg/L	0,5*	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Silice	mg/L SiO ₂	-	7,88	9,1	6	8

* norme de potabilité à défaut de valeur-guide - ** selon la Directive européenne

V.1.3 Unités hydrogéologiques schisto-gréseuses du Famennien

Les eaux logées dans les terrains schisto-gréseux du Famennien sont exploitées pour l'approvisionnement en eau potable de la population. Dès lors, quelques données hydrochimiques sont disponibles pour ces unités hydrogéologiques. Ces eaux présentent une minéralisation moyenne, avec un pH neutre à alcalin (basique). Les concentrations, parfois importantes, en calcium et magnésium sont dues au ciment calcaire présent dans les grès du Famennien supérieur. Les analyses présentées au tableau V.4 montrent des teneurs en nitrates inférieures à la norme de potabilité. Néanmoins, elles ne sont pas négligeables. La différence de minéralisation entre les eaux issues de l'aquifère et celles issues de l'aquitard est logiquement peu marquée. La lithologie de ces deux unités hydrogéologiques est relativement semblable.

Tableau V.4: Caractéristiques hydrochimiques des eaux du Famennien

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Aquifère des grès du Famennien		Aquitard du Famennien
			Vieux-Sart DR	Warnoumont P4	Marché
		Code de l'Eau	20/02/2014	12/11/2012	13/04/2010
pH	unités pH	6,5 à 9,5	7,1	8	8,21
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	289	344	328
Dureté totale (TH)	° français	67,5	14,6	19,2	18,8
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	9,2	14,5	13,9
Calcium	mg/L	270*	40,6	51,4	48,04
Magnésium	mg/L	50*	10,9	15,5	16,4
Sodium	mg/L	150	9,7	8	5,85
Potassium	mg/L	12	2	1,1	1,24
Bicarbonates	mg/L	-	-	-	166,38
Strontium	µg/L	750**	76,1	94	<50
Fer total dissous	µg/L	200*	<12	<12	<10
Manganèse	µg/L	50*	<0,1	1,4	<10
Zinc	µg/L	5000	8	11	-
Plomb	µg/L	25	0,1	0,1	-
Sulfates	mg/L	250*	22,3	17,2	35,06
Chlorures	mg/L	200	19,7	16,8	9,06
Fluorures	mg/L	0,1 (1,5*)	<0,05	0,09	<0,08
Nitrates	mg/L	50	26,1	35,5	13,2
Nitrites	mg/L	0,1	<0,04	<0,04	<0,08
Ammonium	mg/L	0,5*	0,03	<0,02	<0,1
Silice	mg/L SiO ₂	-	14,1	17	10,64

* norme de potabilité à défaut de valeur-guide - ** selon la Directive européenne

V.1.4 Unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur

Plusieurs captages de l'administration communale de Theux et de la SWDE sollicitent les eaux logées dans les horizons aquifères du Dévonien inférieur. Quelques analyses sont reprises dans le tableau V.5. Ces eaux sont peu minéralisées, caractérisées par une conductivité faible, un pH neutre à légèrement acide. Le taux d'alcalinisation est faible à moyen (< 10°F). Côté dureté, il s'agit d'une eau douce à très douce (TH < 10°F). Les concentrations en nitrates sont très faibles à faibles (maximum mesuré: ≈ 11 mg/L). A part pour les drains de Haut-Regard, les teneurs en fer et manganèse sont également peu élevées.

Tableau V.5: Caractéristiques hydrochimiques des eaux du Dévonien inférieur

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Aquitlude à niveaux aquifères					Aquitard à niveaux aquicludes
			Haut-Regard Drain		Hodbomont Puits foré	Elnoumont DR moyen	Menobu Nouveau PF	Bois de Staneux DR
		Code de l'Eau	27/10/2011 eau chlorée	13/05/2013 eau brute	13/04/2010	14/04/2010	14/04/2010	13/04/2010
pH	unités pH	6,5 à 9,5	7,73	7,2	7,74	7,68	7,69	6,01
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	111	99	199	176	106	71
Dureté totale (TH)	° français	67,5	4,5	-	10,7	6,7	5,3	2,1
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	3,6	3	8	4	4,6	0
Calcium	mg/L	270*	13,1	-	35,18	19,91	12,47	5,34
Magnésium	mg/L	50*	3	-	4,67	4,17	5,24	1,85
Sodium	mg/L	150	3,3	-	3,89	11,5	3,12	4,46
Potassium	mg/L	12	0,4	-	0,94	0,96	0,6	0,75
Bicarbonates	mg/L	-	-	-	96,94	48,47	55,78	<0,05
Strontium	µg/L	750**	24	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fer total dissous	µg/L	200*	139	-	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
Manganèse	µg/L	50*	5,2	-	0,08	<0,01	0,34	0,01
Zinc	µg/L	5000	4	-	-	-	-	-
Plomb	µg/L	25	3	-	-	-	-	-
Sulfates	mg/L	250*	3,6	-	9,14	9,44	4,63	17,64
Chlorures	mg/L	200	9	-	17,31	23,42	6,68	6,84
Fluorures	mg/L	0,1 (1,5*)	0,08	-	<0,2	<0,04	0,12	<0,2
Nitrates	mg/L	50	10,3	11,4	0,52	11,43	<0,3	3,56
Nitrites	mg/L	0,1	<0,04	<0,015	<0,2	<0,04	<0,2	<0,2
Ammonium	mg/L	0,5*	<0,02	0,02	<0,1	<0,02	<0,1	<0,1
Silice	mg/L SiO ₂	-	7,9	-	12,47	17,48	16,32	6,99

* norme de potabilité à défaut de valeur-guide - ** selon la Directive européenne

V.1.5 Unités hydrogéologiques du socle cambro-silurien

Sur la carte Louveigné-Spa, les eaux logées dans les horizons aquifères (aquitards) du socle cambro-silurien présentent des caractéristiques hydrochimiques particulières dont certaines sont exploitées par Spa Monopole s.a. (groupe Spadel) pour la mise en bouteilles et les soins thermaux. Ces eaux sont aussi captées par l'administration communale de Theux pour la distribution publique d'eau potable, ainsi que par quelques particuliers (usage privé et restreint). Quelques analyses hydrochimiques sont disponibles pour les captages publics et ceux de Spadel.

La commune de Theux possède plusieurs prises d'eau implantées dans les unités hydrogéologiques du socle cambro-silurien. Néanmoins, seul le drain 'Ry Sauvage' est toujours en activité (Aquiclude à niveaux aquifères). Les résultats des analyses des échantillons prélevés en avril 2010 (tableau V.6) indiquent une eau peu chargée (conductivité très faible), douce (voire très douce) (TH < 5°F), avec un pH neutre à légèrement acide. L'alcalinité est également très faible. Dans le tableau V.6, les teneurs en fer et en manganèse sont en-dessous du seuil de détection. Cependant, il faut noter que des analyses antérieures montraient des concentrations élevées et variables en fer pour Ry Sauvage (23/09/2008: 1350 µg/L; 29/09/2009: 355 µg/L). Les teneurs des composés azotés (dont les nitrates) sont peu élevées.

Tableau V.6: Caractéristiques hydrochimiques des unités hydrogéologiques du socle cambro-silurien

Élément	Unité	Niveau-guide RW	Aquiclude à niveaux aquifères		Aquitard à niveaux aquifères
			Ry Sauvage DR	Minières Galerie	St-Martin DR
		Code de l'Eau	14/04/2010	14/04/2010	14/04/2010
pH	unités pH	6,5 à 9,5	6,95	7,38	6,58
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	52	107	52
Dureté totale (TH)	° français	67,5	1,6	4	1,5
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	0,8	2,1	0,5
Calcium	mg/L	270*	4,38	9,86	4,3
Magnésium	mg/L	50*	1,07	3,77	0,98
Sodium	mg/L	150	4,23	5,76	3,99
Potassium	mg/L	12	0,56	0,96	0,47
Bicarbonates	mg/L	-	9,76	25,55	6,10
Strontium	µg/L	750**	<0,01	<0,01	<0,01
Fer total dissous	µg/L	200*	<0,01	<0,01	<0,02
Manganèse	µg/L	50*	<0,01	<0,01	0,02
Zinc	µg/L	5000	-	-	-
Plomb	µg/L	25	-	-	-
Sulfates	mg/L	250*	3,25	4,12	7,68
Chlorures	mg/L	200	6,71	10,41	6,53
Fluorures	mg/L	0,1 (1,5*)	<0,04	<0,04	0,07
Nitrates	mg/L	50	5,61	16,11	2,04
Nitrites	mg/L	0,1	<0,04	<0,04	<0,02
Ammonium	mg/L	0,5*	<0,02	<0,02	<0,1
Silice	mg/L SiO ₂	-	16,12	17,79	0,07

* norme de potabilité à défaut de valeur-guide - ** selon la Directive européenne

Sur le territoire de la carte Louveigné-Spa, Spa Monopole s.a. (groupe Spadel) exploite plusieurs captages au profil hydrochimique différent. Ils sollicitent les unités hydrogéologiques du socle cambro-silurien. Les eaux minérales naturelles (EMN) "Barisart" sont peu minéralisées. Les EMN "Reine" sont très peu minéralisées (pauci-minéralisées). Les EMN "Marie-Henriette" sont des eaux naturellement ferrugineuses et carbogazeuses, au même titre que les poudrons de la ville de Spa. Les analyses du tableau V.7 présentent les résultats d'échantillons prélevés dans les chambres de rassemblement. Dans le cas des EMN "Marie-Henriette", un traitement de déferrisation et de démanganisation a été opéré. Les teneurs en fer et manganèse avant traitement peuvent dépasser, respectivement, les seuils de 5000 µg/L et 100 µg/L. Ces eaux sont utilisées pour deux finalités: boissons & thermes.

Tableau V.7: Caractéristiques hydrochimiques des eaux captées par Spa Monopole s.a.

Élément	Unité	Niveau-guide RW	Barisart	Spa Reine	Marie-Henriette
			chambre de rassemblement	chambre de rassemblement	chambre de rassemblement
		Code de l'Eau	08/06/2010	08/12/2010	08/06/2010
pH	unités pH	6,5 à 9,5	5,69	5,1	6,21
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	61	36	136
Dureté totale (TH)	° français	67,5	-	-	-
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	-	-	-
Calcium	mg/L	270*	5,12	5,37	11,4
Magnésium	mg/L	50*	2,13	2,1	6,18
Sodium	mg/L	150	4,46	2,75	9,19
Potassium	mg/L	12	0,33	0,27	1,04
Bicarbonates	mg/L	-	19	10	61
Strontium	µg/L	750**	21	11	37
Fer total dissous	µg/L	200*	6	<5	<5
Manganèse	µg/L	50*	30	73	<1
Zinc	µg/L	5000	3	15	9
Plomb	µg/L	25	<2	<2	<2
Sulfates	mg/L	250*	5,43	8,64	10,5
Chlorures	mg/L	200	4,53	4,38	4,93
Fluorures	mg/L	0,1 (1,5*)	<0,1	<0,05	<0,1
Nitrates	mg/L	50	1,73	<0,1	0,2
Nitrites	mg/L	0,1	<0,01	<0,01	<0,01
Ammonium	mg/L	0,5*	<0,012	<0,012	<0,012
Silice	mg/L SiO ₂	-	11,2	7,8	7,7
Résidu sec à 180°C	mg/L	1500	46	36	85
Niveau-guide donné à titre indicatif * norme de potabilité à défaut de valeur-guide - ** selon la Directive européenne					CO ₂ : 3,8 mg/L (max)

V.2 PROBLEMATIQUE DES NITRATES

Pour protéger les eaux contre la pollution par les nitrates, plusieurs « zones vulnérables » ont été désignées par arrêtés ministériels (figure V.3). Elles ont pour objet la protection des eaux souterraines contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles. Cette désignation implique l'application d'un programme d'action précis dont les mesures ont été arrêtées dans le cadre de « bonne pratique agricole ». La norme européenne de 50 mg de NO_3 par litre d'eau constitue le seuil maximum acceptable. Pour plus d'informations, voir www.nitrawal.be.

A ce jour, la région de Louveigné-Spa n'est concernée par aucune zone vulnérable aux nitrates.

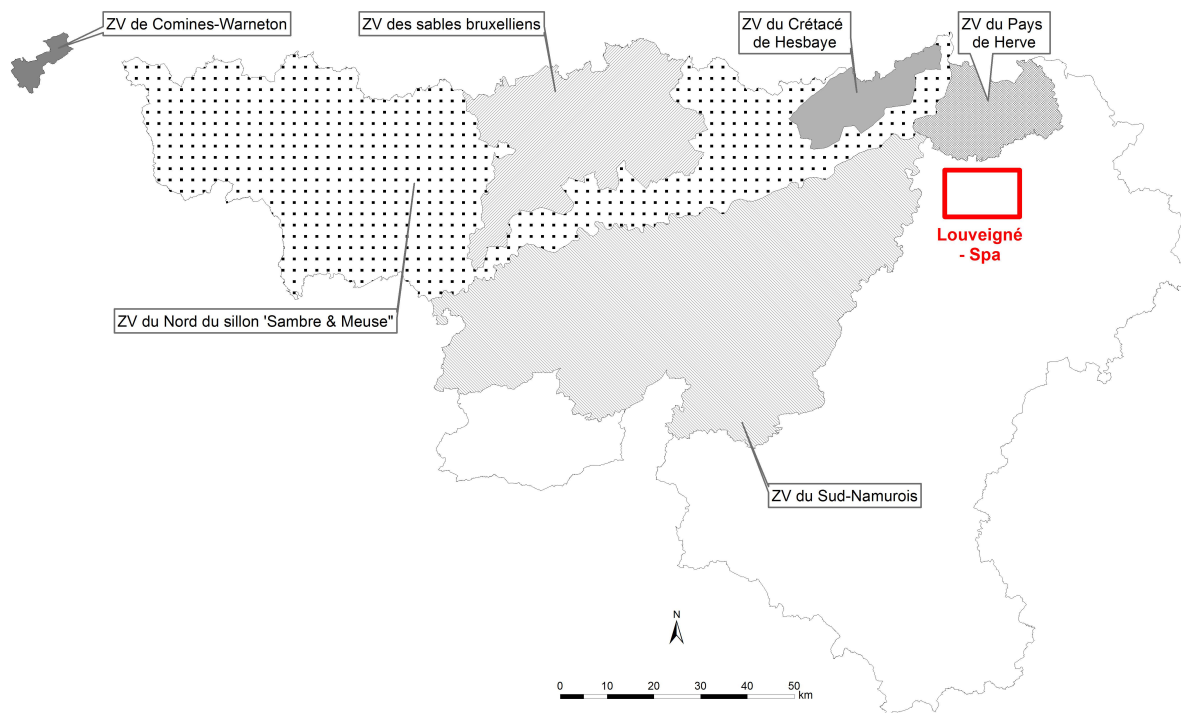


Figure V.3: Zones vulnérables aux nitrates - Région wallonne

Depuis plusieurs années, les teneurs des composés azotés, plus particulièrement les nitrates, font l'objet d'un suivi régulier de la part des compagnies d'eau et de l'administration de la Région Wallonne (D GARNE-DESO). Les données ne sont pas suffisantes pour présenter l'évolution des concentrations des nitrates dans les eaux souterraines en fonction du temps pour l'ensemble des unités hydrogéologiques présentes sur la carte Louveigné-Spa.

Les figures V.4 & V.5 illustrent l'évolution, depuis 1993, des teneurs en nitrates pour quelques ouvrages de distribution publique d'eau. On constate que les eaux des aquifères gréseux fameniens et des aquifères calcaires dévoniens (Frasnien) présentent, en général, des concentrations en nitrates supérieures à celles des unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur et du Cambro-Silurien. Cette différence s'explique essentiellement par l'affectation du sol. D'un côté, ce sont les champs et pâtures qui dominent (Famennien, Frasnien), de l'autre, on a des forêts et une urbanisation moins dense (Dévonien inférieur, Cambro-Silurien). Aucun dépassement de la norme de potabilité n'est observé (50 mg/L). On ne relève pas de croissance nette des

concentrations au cours du temps. Il faut néanmoins noter que la teneur en nitrates des captages de Warnoumont P4 et Vieux-Sart DR1 a légèrement augmenté. Le suivi régulier des teneurs en nitrates s'avère toujours nécessaire.

Les prises d'eau de Vieux-Sart DR1, Brusson G1 et Haute-Folie P7 sont proches l'une de l'autre (situées dans un rayon inférieure à 2 km). Les concentrations en nitrates mesurées sont, cependant, différentes. Celles observées au puits P7 Haute-Folie sont bien inférieures aux autres. En effet, la teneur moyenne est de l'ordre de 4,2 mg/L NO₃ pour Haute-Folie P7, de 13,2 mg/L NO₃ pour Brusson G1 et 22,7 mg/L NO₃ pour Vieux-Sart DR1. Cette différence ne peut être imputée exclusivement à l'occupation du sol, relativement semblable au droit de ces trois points. La nature de la prise d'eau permet de mieux expliquer ces teneurs différentes. Le puits P7 Haute-Folie a une profondeur de 72 m et sollicite ainsi davantage l'aquifère profond, logé dans les horizons fissurés et fracturés et mieux protégé des pollutions de surface. Les autres ouvrages, drain ou galerie, sollicite l'aquifère superficiel, logé dans le manteau d'altération de l'aquifère des grès du Famennien.

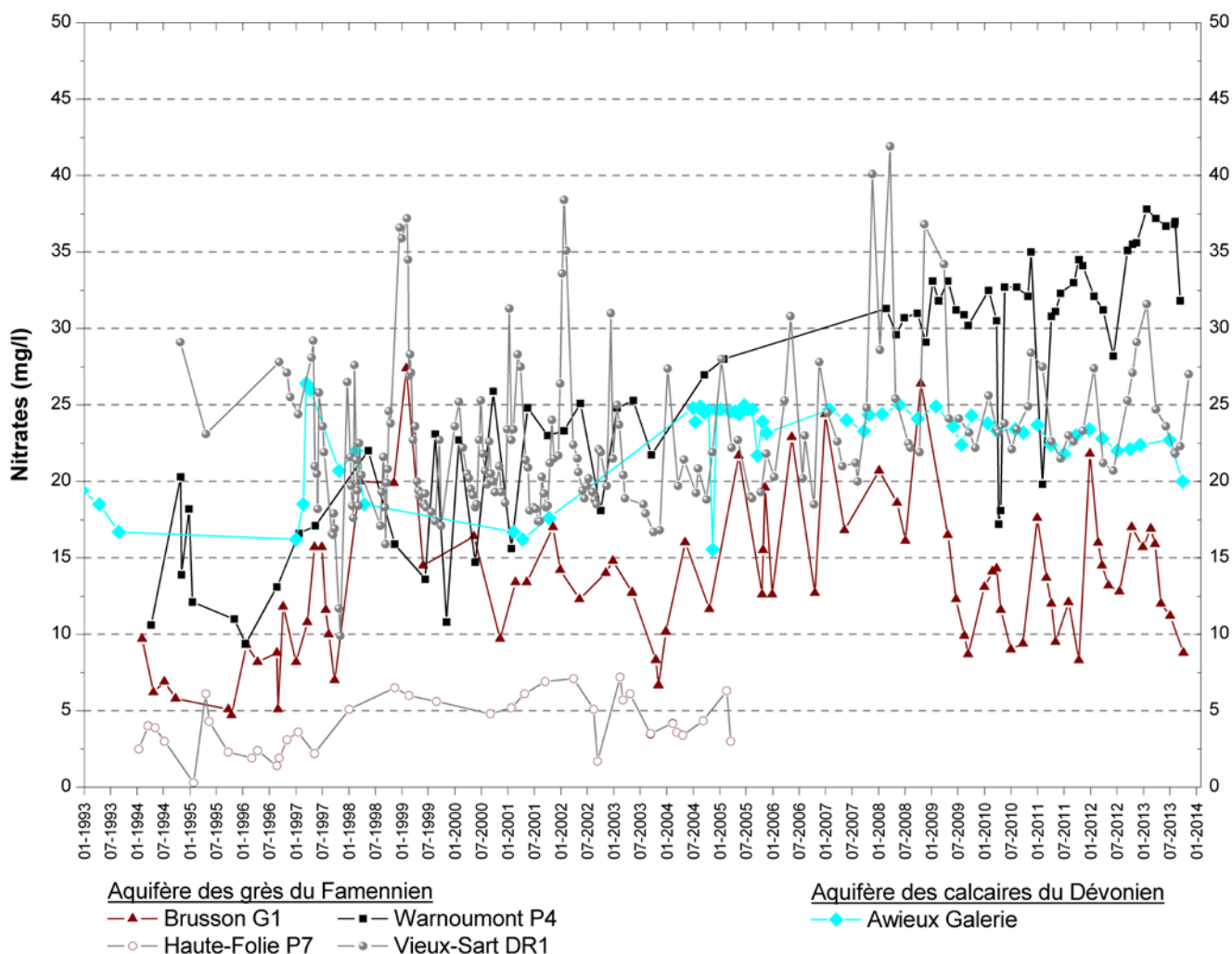


Figure V.4: Evolution des teneurs en nitrates - Aquifère des grès du Famennien & Aquifère des calcaires du Dévonien

Les concentrations en nitrates sur les captages sollicitant les unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur et du Cambro-Silurien, sont, sur base des données disponibles, relativement faibles. Comme présenté ci-dessus, ces teneurs sont à mettre en relation avec l'occupation du sol. Une légère différence est observée entre les concentrations en nitrates mesurées au droit des drains et celles au droit des puits. Des chroniques plus longues permettront de statuer plus clairement sur ce point.

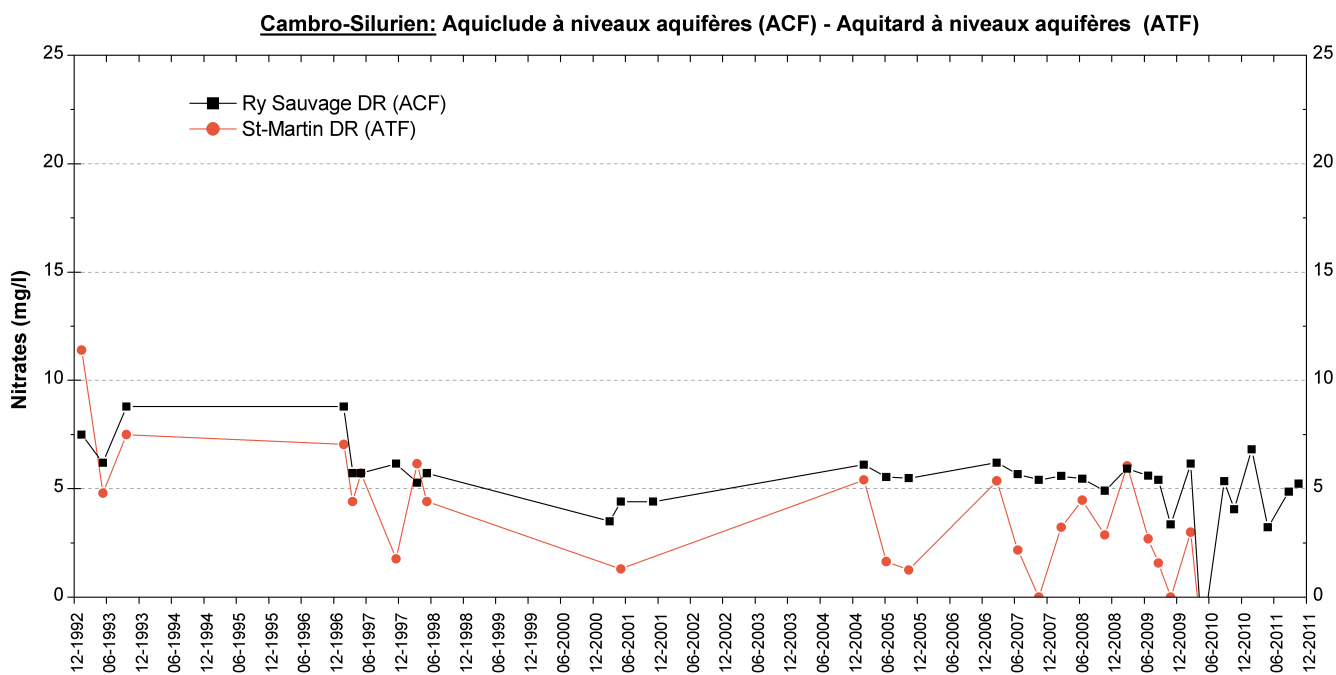
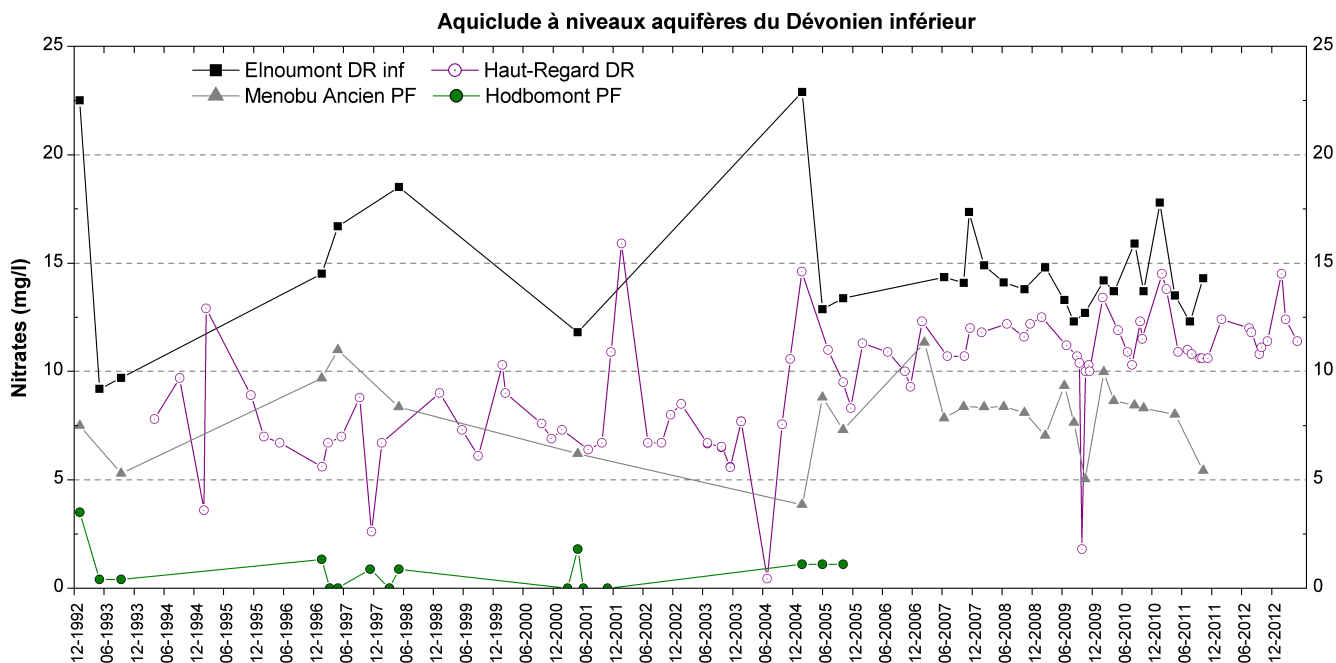


Figure V.5: Evolution des teneurs en nitrates - Unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur et du Cambro-Silurien

V.3 QUALITE BACTERIOLOGIQUE

Des analyses concernant les paramètres microbiologiques sont disponibles pour quelques captages publics de la carte Louveigné-Spa (tableau V.8). D'après ces données, on note la présence de quelques éléments bactériologiques qui seront éliminés par la chloration de l'eau avant sa mise sur le réseau de distribution publique. Par contre, les eaux échantillonnées dans la Grotte du Chalet présentent d'importantes quantités de germes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux. Ce point est un collecteur karstique où la circulation des eaux est rapide. Ainsi les eaux de surface, souvent plus polluées, atteignent assez vite cette résurgence.

Tableau V.8: Paramètres microbiologiques - Carte Louveigné-Spa

Elément	Unité	Vieux-Sart DR	Haut-Regard DR	Elnoumont DR inf	Awieux Galerie	Grotte du Chalet
		20/02/2014	13/05/2013	29/09/2009	24/05/2011	06/03/2013
Germes totaux à 22°C	nb/mL	>300	122	26	0	-
Germes totaux à 37°C	nb/mL	201	39	-	-	105
Coliformes totaux	nb/100mL	0	-	13	1	470
Escherichia Coli	nb/100mL	0	1	2	0	100
Entérocoques	nb/100mL	26	1	0	0	18
Clostridium perfringens	nb/100mL	0	-	-	-	-

V.4 PESTICIDES

De façon générale, la présence de pesticides dans les eaux potabilisables devient, au même titre que les nitrates, relativement préoccupante. Depuis plusieurs années, une centaine de pesticides sont recherchés dans les eaux souterraines destinées à la consommation humaine. Les herbicides font partie des micropolluants les plus problématiques, qu'ils soient d'usage agricole ou non agricole, dans le sens où ils impliquent des traitements de potabilisation spécifiques et parfois très coûteux (DGARNE-DESO & DEE, 2010; TBE, 2010).

En Région wallonne, neuf pesticides (famille des herbicides) ont été épinglés comme les plus problématiques. Le tableau V.9 est dressé sur cette base. Actuellement, la situation des aquifères de la carte de Louveigné-Spa vis-à-vis des produits phytosanitaires n'est pas inquiétante. Les concentrations, par produits ou pour l'ensemble des pesticides, restent largement sous la norme de potabilité. Les valeurs maximales admises par le Code de l'Eau pour la plupart de ces produits phytosanitaires (ici, essentiellement des herbicides) sont de 100 ng/L. Il n'en reste pas moins que la présence régulière de quelques-uns de ces composants dans les eaux captées est à surveiller. L'utilisation de l'atrazine est définitivement interdite depuis septembre 2005. D'autres substances deviennent problématiques comme le bentazone (herbicide utilisé en substitut de l'atrazine) et le 2,6-dichlorobenzamide (produit utilisé principalement dans le désherbage des voiries, parcs et jardins).

Tableau V.9: Principaux pesticides dans les eaux souterraines - Carte Louveigné-Spa

Pesticide	Niveau-guide	Vieux-Sart	Haut-Regard	Ry Sauvage	Elnoumont DR inf	Awieux Gal
	Code de l'eau	20/02/2014	27/10/2011	29/09/2009	29/09/2009	29/09/2009
Atrazine (ng/L)	100	<3	<3	1	1	1
Déséthyl Atrazine (ng/L)	100	<5	<5	1	1,6	1,8
Simazine (ng/L)	100	<3	<3	1	1	1
Diuron (ng/L)	100	<1	<1	1	1	1
Isoproturon (ng/L)	100	<1	<1	1	1	1
Chlortoluron (ng/L)	100	<1	<2	1	1	1
Bromacile (ng/L)	100	<1	<1	1	1	1
Bentazone (ng/L)	100	<1	<1	3	3	3
2,6-dichlorobenzamide (BAM) (ng/L)	200	6	<2	8,2	1,5	1

V.5 AUTRES PARAMETRES

D'après les données disponibles, les eaux captées sur le territoire de la carte Louveigné-Spa ne présentent pas de teneurs inquiétantes en métaux lourds, excepté localement pour le fer et le manganèse (contexte géologique). Les autres métaux lourds habituellement recherchés, cuivre, zinc, mercure, argent, nickel...sont présents en traces dans les échantillons prélevés. A titre indicatif, quelques données sont reprises dans le tableau V.10.

Tableau V.10: Principaux métaux lourds - Carte Louveigné-Spa

Pesticide	Niveau-guide	Vieux-Sart	Haut-Regard	Ry Sauvage	Elnoumont DR inf	Awieux Gal
	Code de l'eau	20/02/2014	27/10/2011	29/09/2009	29/09/2009	29/09/2009
Cuivre (µg/L)	100	1,3	2,6	4	4	4
Zinc (µg/L)	200	8	4	7	4	4
Cadmium (µg/L)	5	<0,05	<0,05	1	1	1
Chrome (µg/L)	50	0,2	0,2	4	4	4
Mercure (µg/L)	1	<0,05	<0,05	0,4	0,4	0,4
Nickel (µg/L)	20	1,3	5,3	4	4	4
Argent (µg/L)	10	<0,5	0,8	-	-	-
Cobalt (µg/L)	20	<0,1	<0,1	-	-	-
Arsenic (µg/L)	10	0,2	<0,1	4	4	1

Au niveau des hydrocarbures aromatiques (HAM et HAP), quelques éléments en traces sont parfois observés mais toujours très inférieurs aux normes en vigueur en Wallonie.

Sites WALSOLES

Comme annoncé dans l'introduction du chapitre V, la banque de données de la SPAQuE compte cinq sites potentiellement contaminés sur le territoire de la carte Louveigné-Spa (figure V.6). Tous n'ont pas été étudiés avec le même degré de détails.

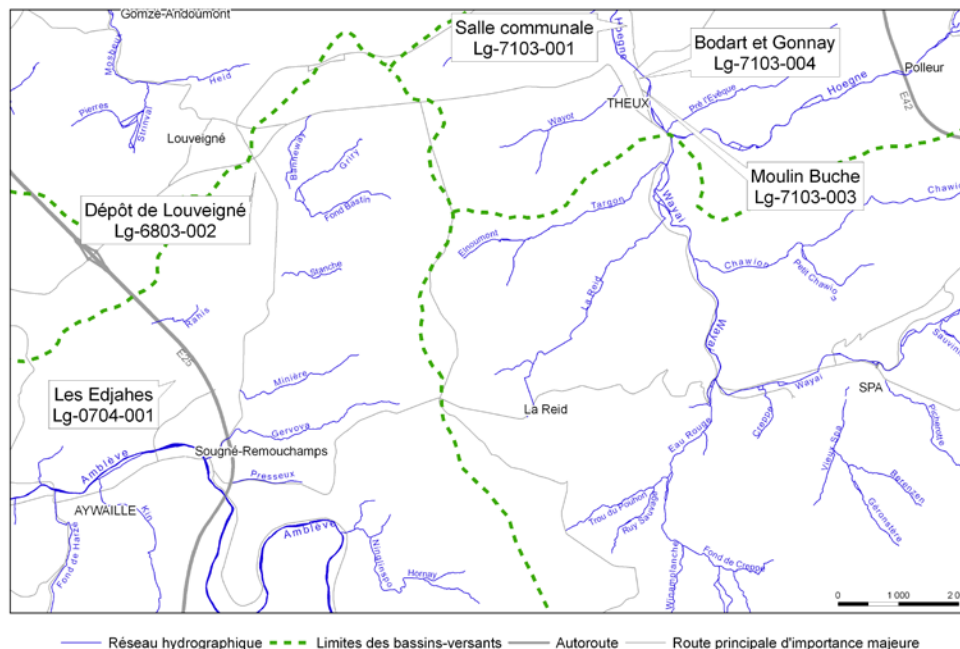


Figure V.6: Sites WALSOLES - Carte Louveigné-Spa

Sur la commune d'Aywaille, à Sougné, se trouve le site "Les Edjahas". Cette ancienne décharge (ordures ménagères et inertes), où les dépôts ont cessé en 1995, a fait l'objet d'une étude d'orientation (SPAQuE-Bissot, 2003). Des forages dans les déchets ainsi qu'un piézomètre en aval du site ont été réalisés. L'analyse des eaux souterraines a mis en évidence la présence, non négligeable, d'aluminium, de fer et de manganèse. En 2005, un contrôle analytique a été effectué dont les résultats montrent toujours un dépassement des normes pour l'aluminium et le manganèse (SPAQuE, 2006-2007). Néanmoins, selon l'organisme de surveillance du site, ce site *n'a qu'un impact limité sur la qualité des eaux souterraines*. Il fait cependant toujours l'objet d'un suivi environnemental, le potentiel polluant de la décharge est toujours présent.

Quelques sites sont localisés dans la vallée de la Hoëgne sur la commune de Theux. Le site "Bodart et Gonay", dans une ancienne entreprise de textile puis une fabrique métallique, présente des contaminations de son sol en PCB, huiles minérales et métaux lourds (plomb). La nappe n'a été atteinte que dans un des 9 forages (eau à 3,4 m du sol)(SPAQuE-SPB, 2004). A proximité, se trouve le site "Moulin Buche", ancienne meunerie, fabrique de blocs de béton, stockage de charbon, parcage de caravanes, service technique communal. La nappe n'a pas été rencontrée lors des forages. Les polluants détectés dans le sol sont des métaux lourds (Pb, Zn, Ni, Cu, Cd) et des huiles minérales (SPAQuE-SPB, 2003). Le sol du site, dit "Salle communale", ancien stockage de laine, présente une contamination en métaux lourds (Zn, Pb)(SPAQuE, 2001).

VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES

Les ressources en eau souterraine de la carte Louveigné-Spa sont sollicitées par différents types d'exploitants. En termes de captages actifs, on dénombre une douzaine de prises d'eau destinées à la distribution publique d'eau potable (titulaires: SWDE et administration communale de Theux), mais aussi une quinzaine d'ouvrages appartenant au groupe Spadel s.a. A côté de ces gros captages, beaucoup de prise d'eau, prélevant des volumes moindres, sont répertoriées sur la carte étudiée. Il s'agit des captages, dits privés, appartenant à des industries, des agriculteurs et des particuliers.

Les données présentées dans ce chapitre sont principalement extraites de la base de données de la Région Wallonne. L'encodage des volumes prélevés d'eau n'est cependant pas complet. Ceci concerne principalement les petits exploitants et donc les petits volumes (< 3000 m³/an). En effet, les puits des particuliers ou des agriculteurs ne sont pas tous pourvus d'un compteur. Les volumes prélevés pour la distribution publique d'eau proviennent directement des bases de données des sociétés de distribution publique d'eau.

Sur la carte thématique intitulée "Carte des volumes d'eau prélevés", les volumes sont classés selon différentes catégories : les prélèvements d'eau destinés à la distribution publique d'eau potable (pastilles rouges) et les prélèvements à usage privé⁹ (pastilles vertes). Les volumes présentés sont des volumes de l'année 2013 pour les ouvrages de distribution publique d'eau et de 2012 pour les « autres volumes ». Sur cette même carte, sont aussi reportés les volumes moyens sur cinq ans, ici 2008-2012 Ils illustrent de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la carte étudiée. Ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni de l'exploitation réelle des nappes. Elles reflètent simplement l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées. Parmi ces dernières, il se peut que certaines d'entre elles soient des années sans prélèvement.

Société Wallonne des Eaux (SWDE)

La SWDE possède plusieurs sites de captages sur la carte Louveigné-Spa. Deux sites sont toujours en activité et un a été placé en réserve. Les autres sites ont été abandonnés pour des raisons de vétusté des infrastructures et/ou de qualité des eaux ou de rendement médiocres.

- Le site de *Louveigné – Vieux-Sart*, situé sur la commune de Sprimont, est composé d'une chambre captante qui collecte l'eau de plusieurs drains. Ce captage sollicite la nappe logée

⁹ La catégorie « Autres volumes » regroupe les volumes à usage privé, c'est-à-dire les prélèvements des particuliers, des agriculteurs, des industries... tout prélèvement d'eau souterraine qui n'est pas destinée à la distribution publique d'eau potable.

dans les grès du Famennien. Depuis 2005, les prélèvements ont varié entre 100 et 330 m³/jour, soit entre 38 000 et 121 000 m³/an (figure VI.1). L'entité de Louveigné est desservie par cette prise d'eau.

- Situé à La Reid, le site de *Haut-Regard*, composé de quatre drains, capte les eaux logées dans l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur. Ils participent à l'approvisionnement des habitants de la commune d'Aywaille. Depuis 2005, les volumes prélevés varient entre 15 et 60 m³/jour, soit entre 5700 et 22 500 m³/an (figure VI.1).
- Le site de *Warnoumont*, composé de trois puits forés dans les grès du Famennien, est actuellement mis en réserve. Ce captage est utilisé quelques fois sur l'année pour suppléer l'offre lorsque la demande est forte. A titre indicatif, les volumes des dernières années sont présentés dans le tableau VI.1.

Tableau VI.1: Volumes prélevés sur le site de captage de Warnoumont (SWDE)

Année	2013	2012	2011
Volume (m ³)	777	3756	1167

Administration communale de Theux

La commune de Theux assure l'alimentation en eau potable de sa population à l'aide de plusieurs sites de captage, dont six sont localisés sur la carte Louveigné-Spa.

- Le site d'*Awieux* est composé d'une galerie drainante et d'un puits. Ils sollicitent la nappe des calcaires du Frasnien. Le puits, implanté en bordure de Hoëgne, sollicite également la nappe alluviale. Sur le graphe VI.1, les volumes des deux ouvrages est globalisé. La répartition est d'environ de 85 à 90 % pour le puits et de 10 à 15 % pour la galerie. Depuis 2005, entre 650 et 780 m³ d'eau par jour sont prélevés sur ce site.
- Sur le site d'*Hodbomont*, seul le puits foré est toujours en activité. Les drains sont hors service. Ce puits, profond de 76,5 m, capte les eaux logées dans les horizons aquifères du Dévonien inférieur. Depuis 2005, le volume pompé par jour varie, annuellement, entre 35 et 90 m³.
- Le site d'*Elnoumont* compte trois drains (longueur des drains: de quelques mètres à 30 m), Ils sollicitent l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur, à raison de 200 à 345 m³/jour, soit entre 73 000 et 125 000 m³/an,
- Les puits forés de *Ménobu* (prof. max: 50 m) exploitent la même unité hydrogéologique que les captages d'Hodbomont et Elnoumont. Le volume global prélevé annuellement est de l'ordre de 20 000 à 25 000 m³ (figure VI.1). Actuellement, le puits nommé 'Ancien Forage' est davantage utilisé que le 'Nouveau Forage'.

- A proximité de Desnié (sud de la carte), se trouve la galerie drainante '*Ry Sauvage*'. Elle est implantée dans l'aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien. Le volume prélevé moyen est de l'ordre de 55 000 m³/an (établi sur la période 2005-2013).
- Sur le versant méridional de la Hoëgne, en face du site d'Awieux, se trouve dans les bois, le drain de *Staneux* (L: 20 m). Son débit est faible. Il draine les eaux logées dans l'aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur. Entre 2006 et 2013, le volume annuel était de l'ordre de 850 m³.
- La commune de Theux possède d'autres prises d'eau sur la carte Louveigné-Spa. Pour des raisons de vétusté des infrastructures, de réseau, de qualité médiocre des eaux, de débits trop faibles, ils ont été abandonnés.
- Le captage '*Clémentine*' appartient à l'administration communale de Theux (titulaire) mais est exploité, pour ses eaux géothermales, par le groupe Spadel s.a. Les volumes pompés sont repris dans le paragraphe suivant.

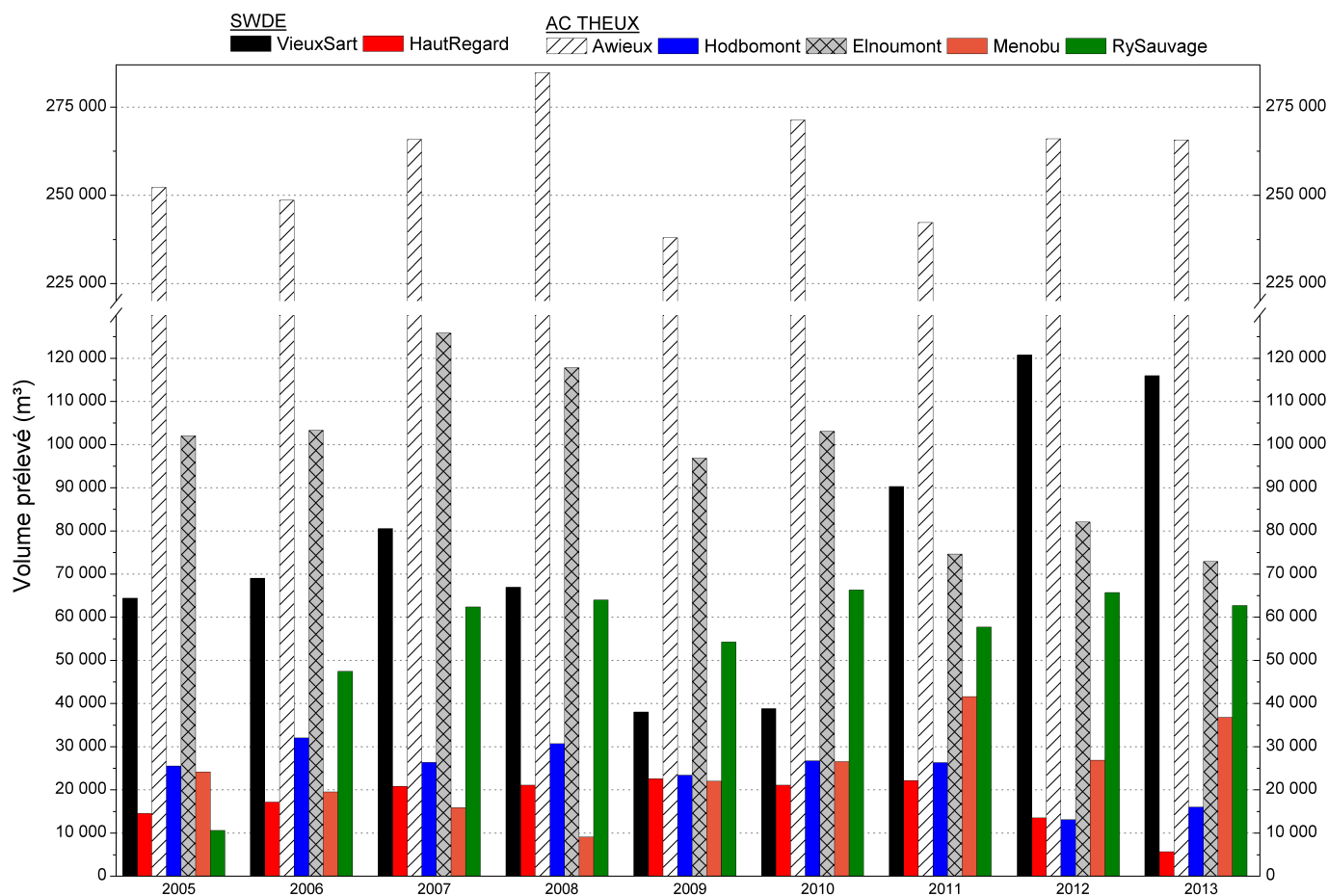


Figure VI.1: Historique des volumes prélevés pour la distribution publique

Spadel s.a.

Le groupe Spadel s.a. (Spa Monopole s.a.) possède plusieurs sites de captages (puits et sources-drains) dont une partie est située sur la carte Louveigné-Spa. Les eaux prélevées sont soit mises en bouteilles, soit utilisées pour les bains et thermes de Spa, soit employées comme eau industrielle (rinçage des bouteilles, nettoyage des locaux). Ces prises d'eau exploitent les eaux souterraines logées dans les terrains du socle cambro-silurien, excepté le puits foré 'Clémentine' qui sollicite l'aquifères des calcaires dévoniens. Les eaux mises en bouteilles sont de différents types (voir [chapitre IV.2](#)). Les volumes moyens prélevés annuellement sont présentés par type d'eau dans le tableau VI.2.

Tableau VI.2: Eaux de Spa - Volumes moyens annuels

	<u>Clémentine</u> Eau thermale	<u>Marie-Henriette</u> Eau carbo-gazeuse	<u>Reine</u> Eau pauci-minéralisée	<u>Barisart</u> Eau pauci-minéralisée	Eau de Source / Eau industrielle
Volume moyen (2000-2012)	82 500 m ³ /an (2003-2012)	154 000 m ³ /an	180 000 m ³ /an	200 000 m ³ /an	71 000

La Commune de Spa a mis à la disposition du public, en libre accès, plusieurs pouhons (source minérale ferrugineuse naturellement gazeuse). Néanmoins en l'absence de compteur, on ne dispose pas données sur les volumes extraits.

Captages privés

Beaucoup de captages privés (autres que ceux de Spadel) sont répertoriés sur la carte Louveigné-Spa. Ils appartiennent à des industries, des activités de service, des agriculteurs, des particuliers. Ils sollicitent la plupart des unités hydrogéologiques présentes sur cette carte. Cependant, d'un point de vue quantité d'eau prélevée, ils ne constituent pas la majorité. En effet, le volume prélevé par prise d'eau est compris entre quelques m³ à 5000 m³ par an. Des volumes plus élevés sont prélevés par quelques industries (quelques centaines de m³ à 15 000 m³ par an).

VII. PARAMETRES D'ECOULEMENT ET DE TRANSPORT

Toutes les unités hydrogéologiques présentes sur la carte Louveigné-Spa n'ont pas fait l'objet d'études permettant de définir les paramètres hydrodynamiques des aquifères.

A défaut de données hydrodynamiques sur les calcaires du Carbonifère et du Dévonien ainsi que sur les grès du Famennien, sont repris dans ci-dessous quelques-uns des résultats du projet Synclin'Eau, importante étude de caractérisation des unités hydrogéologiques du Synclitorium de Dinant (Brouyère et *al.*, 2009). Ainsi, la gamme de conductivités hydrauliques (K) observées au sein de l'aquifère des calcaires du Carbonifère s'étend sur quasi six ordres de grandeur, K variant entre $4,00 \times 10^{-10}$ et $2,55 \times 10^{-3}$ m/s. La gamme de valeurs observée dans l'aquifère des calcaires hastariens (Tournaisien inférieur) est moins étendue (de $1,73 \times 10^{-7}$ à $5,50 \times 10^{-4}$ m/s), mais le nombre d'échantillons est nettement plus faible. Enfin, les calcaires du Dévonien présentent une plus grande variabilité de perméabilité que les calcaires hastariens. Les valeurs varient entre $1,29 \times 10^{-8}$ à $4,95 \times 10^{-4}$ m/s. Les valeurs de conductivités hydrauliques au sein des grès famenniens varient entre $7,4 \times 10^{-7}$ et $4,8 \times 10^{-4}$ m/s.

Sur le site de Warnoumont (déjà abordé au [chapitre IV.2.2](#)), les forages implantés dans les grès du Famennien ont aussi fait l'objet d'essais de pompage (LGIH, 1981a & b; 1988). Diverses configurations ont été testées: essais par paliers enchaînés avec ou sans remontée en fin de test, essais de longue durée (> 24 h) avec remontée. Les transmissivités obtenues sont de l'ordre de 10^{-4} m²/s, les conductivités hydrauliques de l'ordre de 10^{-5} m/s, voire 10^{-6} m/s.

Dans les calcaires du Dévonien, quelques traçages ont été réalisés à partir de chantoirs. L'objectif premier de ces tests était de prouver la liaison karstique. Il s'agissait avant tout de coloration simple. Les aspects quantitatifs ont été peu abordés. Meus (1993) a effectué quelques essais de traçage dans la région, à Remouchamps et à La Reid. Les vitesses de passage sont relativement faibles pour des calcaires, entre 16 et 28 m/h, probablement dues à la nature lithologique des terrains traversés (calcaires, calcaires argileux, shales).

VIII. ZONES DE PROTECTION

VIII.1 CADRE LEGAL

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

Afin de limiter les risques de contamination des captages, des périmètres de prévention doivent être mis en place. La législation wallonne¹⁰ définit quatre niveaux de protection à mesure que l'on s'éloigne du captage : zones de prise d'eau (Zone I), de prévention (Zones IIa et IIb) et de surveillance (Zone III).

1° Zone de prise d'eau ou zone I

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

2° Zones de prévention rapprochée et éloignée ou zones IIa et IIb

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

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

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

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

A défaut de données suffisantes permettant de définir la zone IIa selon le critère des temps de transfert, la législation suggère de délimiter la zone IIa par une ligne située à une distance

¹⁰ Arrêté de l'Exécutif régional wallon du 14 novembre 1991 relatif aux prises d'eau souterraines, aux zones de prise d'eau, de prévention et de surveillance et à la recharge artificielle des nappes d'eau souterraine, abrogé par l'arrêté du GW du 3 mars 2005 relatif au livre II du code de l'Environnement, contenant le Code de l'eau (M.B. du 12/04/2005, p.15068)

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

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

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

- 100 mètres pour les formations aquifères sableuses;
- 500 mètres pour les formations aquifères graveleuses;
- 1000 mètres pour les formations aquifères fissurés ou karstiques,

Remarquons que la détermination des zones de prévention par la méthode des distances fixes ne tient pas compte de l'existence :

- d'un gradient régional qui limite les risques de pollution des captages à partir de l'aval et augmentent ces mêmes risques vers l'amont.
- d'hétérogénéité des formations.
- d'axes d'écoulement préférentiel et de phénomènes karstiques.

3° Zone de surveillance ou zone III

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

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

Mesure de prévention

Diverses mesures de protection ont été définies par les autorités compétentes pour les différentes zones. Ces mesures concernent notamment l'utilisation et le stockage de produits dangereux, d'engrais ou de pesticides, les puits perdus, les nouveaux cimetières, les parkings,... Elles visent à réduire au maximum les risques de contamination de la nappe. Toutes ces mesures sont décrites aux articles R.162 à R.170 de l'Arrêté du Gouvernement Wallon du 12 février 2009¹¹.

La Société Publique de Gestion de l'Eau¹² assure la gestion financière des dossiers concernant la protection des eaux probabilisables distribuées par réseaux, par le biais de contrats de service passés avec les producteurs d'eau. Pour financer les recherches relatives à la délimitation des zones de prévention et indemniser tout particulier ou toute société dont les biens doivent être mis en conformité avec la législation, une redevance est prélevée sur chaque m³ fourni par les sociétés de distribution d'eau.

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

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

¹¹ 12 février 2009 : AGW modifiant le livre II du Code de l'Environnement constituant les Codes de l'eau et ce qui concerne les prises d'eau souterraine, les zones de prises d'eau, de prévention et de surveillance (M.B. du 27/04/2009, p.33035)

¹² SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999

VIII.2 ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES DE LA SWDE

La SWDE exploite trois sites de captage sur la carte Louveigné-Spa (figure VIII.1). Seules les zones de prévention autour des drains de Haut Regard à La Reid (Theux) sont officiellement définies (code SPW: SWDE095). Ces zones ont été déterminées sur base des distances forfaitaires adaptées au type d'ouvrage et aux caractéristiques topographiques et hydrogéologiques des sites de prise d'eau. Ces limites ont été localement déplacées pour correspondre avec des limites matérialisables sur le terrain. Les zones de prévention autour des drains de Haut Regard ont été arrêtées par le Gouvernement Wallon en date du 24 octobre 2003: *Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée des ouvrages de prise d'eau souterraine dénommées La Reid-Haut Regard D1, La Reid-Haut Regard D2, La Reid-Haut Regard D3, La Reid-Haut Regard D4, sis sur le territoire de la commune de Theux (M.B. 26.11.2003).*

Sur le territoire de la commune de Sprimont, la SWDE possède deux sites: Warnoumont (puits) à Rouvrex et Vieux-Sart (drain) à Louveigné. A ce jour, leurs zones de prévention ne sont pas encore arrêtées. Les zones à définir sont symbolisées sur la carte hydrogéologique par un triangle vide, tracé autour du captage. Néanmoins, la délimitation des zones de prévention du captage 'Vieux Sart' est en cours. Le dossier est déposé auprès des services compétents du Service Public de Wallonie (comm.pers.SWDE, juin 2014). Vu les très faibles volumes prélevés sur le site de Warnoumont, aucune délimitation de zones de prévention n'est actuellement à l'étude.

En l'absence de données, il convient habituellement de se référer provisoirement aux distances fixes forfaitaires définies dans la législation (voir [chapitre VIII.1](#)).

VIII.3 ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES DE L'ADMINISTRATION COMMUNALE DE THEUX

La commune de Theux, dont le territoire est essentiellement situé sur la carte Louveigné-Spa, est propriétaire de plusieurs captages destinés majoritairement à approvisionner en eau potable ses habitants. A ce jour, les zones de prévention autour de trois sites de captages sont officiellement arrêtées. Ces périmètres de prévention sont présentés à la figure VIII.1.

Les zones de prévention autour de la prise d'eau 'Bois de Staneux' (drain) (code SPW: AC THEUX08) et 'Clémentine' (puits foré, exploité par Spadel s.a.)(code SPW: AC THEUX20) ont été définies sur base des distances forfaitaires et, adaptées au bassin d'alimentation présumé ou/et aux caractéristiques géologiques du site (pour zone IIb). Ces limites ont parfois été localement déplacées pour correspondre avec des limites matérialisables sur le terrain.

Les zones de prévention du captage 'Clémentine' ont été arrêtées par le Gouvernement Wallon en date du 11 mars 2004: *Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée de l'ouvrage de prise d'eau souterraine non potabilisable dénommé Clémentine, sis sur le territoire de la commune de Theux (M.B. 31.03.2004. p.18169).*

Les zones de prévention du drain 'Bois de Staneux' ont été arrêtées par le Gouvernement Wallon en date du 11 juin 2010: *Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée de l'ouvrage de prise d'eau souterraine dénommé "Bois de Staneux", sis sur le territoire de la commune de Theux (M.B. 23.07.2010).*

Les zones de prévention du captage 'Awieux' (galerie et puits)(code SPW: AC THEUX05) ont été déterminées sur base d'une étude hydrogéologique succincte (prospection géophysique, réalisation de forages, bilan hydrogéologique sommaire). Ces limites ont parfois été localement déplacées pour correspondre avec des limites matérialisables sur le terrain

Les zones de prévention du captage 'Awieux' ont été arrêtées par le Gouvernement Wallon en date du 6 mars 2012: Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée de l'ouvrage de prise d'eau souterraine dénommé "Awieux" sis sur le territoire de la commune de Theux (M.B. 30.04.2012)

L'administration communale de Theux exploite d'autres sites de captage. A ce jour, les zones de prévention de ces prises d'eau ne sont pas encore arrêtées. Les zones à définir sont symbolisées sur la carte hydrogéologique par un triangle vide tracé autour du captage. Les captages concernés sont Ry Sauvage (galerie), Ménobu (puits forés), Elnoumont (drains), Hodbomont (puits foré) (figure VIII.1).

VIII.4 ZONES DE PREVENTION ET DE SURVEILLANCE AUTOUR DES CAPTAGES DE SPADEL S.A. ET DE L'ADMINISTRATION COMMUNALE DE SPA

Le groupe Spadel s.a. (dont fait partie Spa Monopole) et l'administration communale de Spa possèdent plusieurs captages sur le territoire de la carte de Louveigné-Spa. Ces prises d'eau sont utilisées pour les thermes et aussi comme eau de boisson (embouteillage) et exploitées par Spadel s.a. Les zones de prévention autour de ces prises sont déterminées.

L'arrêté du Gouvernement wallon du 13 décembre 2001 définit les zones de prévention pour un ensemble d'ouvrages de prise d'eau souterraine appartenant à trois titulaires: Spa Monopole s.a. (Groupe Spadel s.a.), l'administration communale de Spa et Exirus s.a. (cette société n'existe plus aujourd'hui)(code SPW: SPA). Les zones de prévention rapprochée (IIa) ont été délimitées soit sur base des distances fixes, soit à partir d'une évaluation approximative des temps de transfert, soit sur base des caractéristiques hydrogéologiques des sites. La zone éloignée (IIb) correspond à l'ancien périmètre de la zone de protection des sources de Spa (Arrêté royal du 1er juillet 1937). Ces limites ont ensuite été localement modifiées pour correspondre à des limites repérables sur le terrain (figure VIII.1).

Les références de l'arrêté sont: *Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée des ouvrages de prise d'eau souterraine de l'administration communale de*

Spa, de la S.A. Spa Monopole et de la S.A. Exirus, sis sur le territoire des communes de Spa, de Theux, de Jalhay et de Stoumont (M.B. 01.03.2002. p.8007).

Depuis la parution de cet arrêté, d'autres sites de captages ont été mis en exploitation. Ils sont tous situés à l'intérieur de la zone IIb déjà définie. Le dossier des zones de prévention (addendum) a été déposé aux services de l'administration wallonne. Il concerne les zones de prévention rapprochée (IIa) définies autour de ces nouvelles prises d'eau.

Actuellement, il existe en Wallonie quatre zones de surveillance. L'une d'elles est située en grande partie sur la carte Louveigné-Spa. Il s'agit de la zone de surveillance des eaux minérales naturelles et des eaux thermales de Spa. Les limites ont été localement déplacées pour correspondre avec des limites matérialisables sur le terrain (figure VIII.1).

La zone de surveillance de Spa a été arrêtée par le Gouvernement Wallon, en date du 13 décembre 2001: *Arrêté ministériel relatif à l'établissement d'une zone de surveillance pour la protection des eaux de Spa et environs (M.B. 01.03.2002. p.8002).*

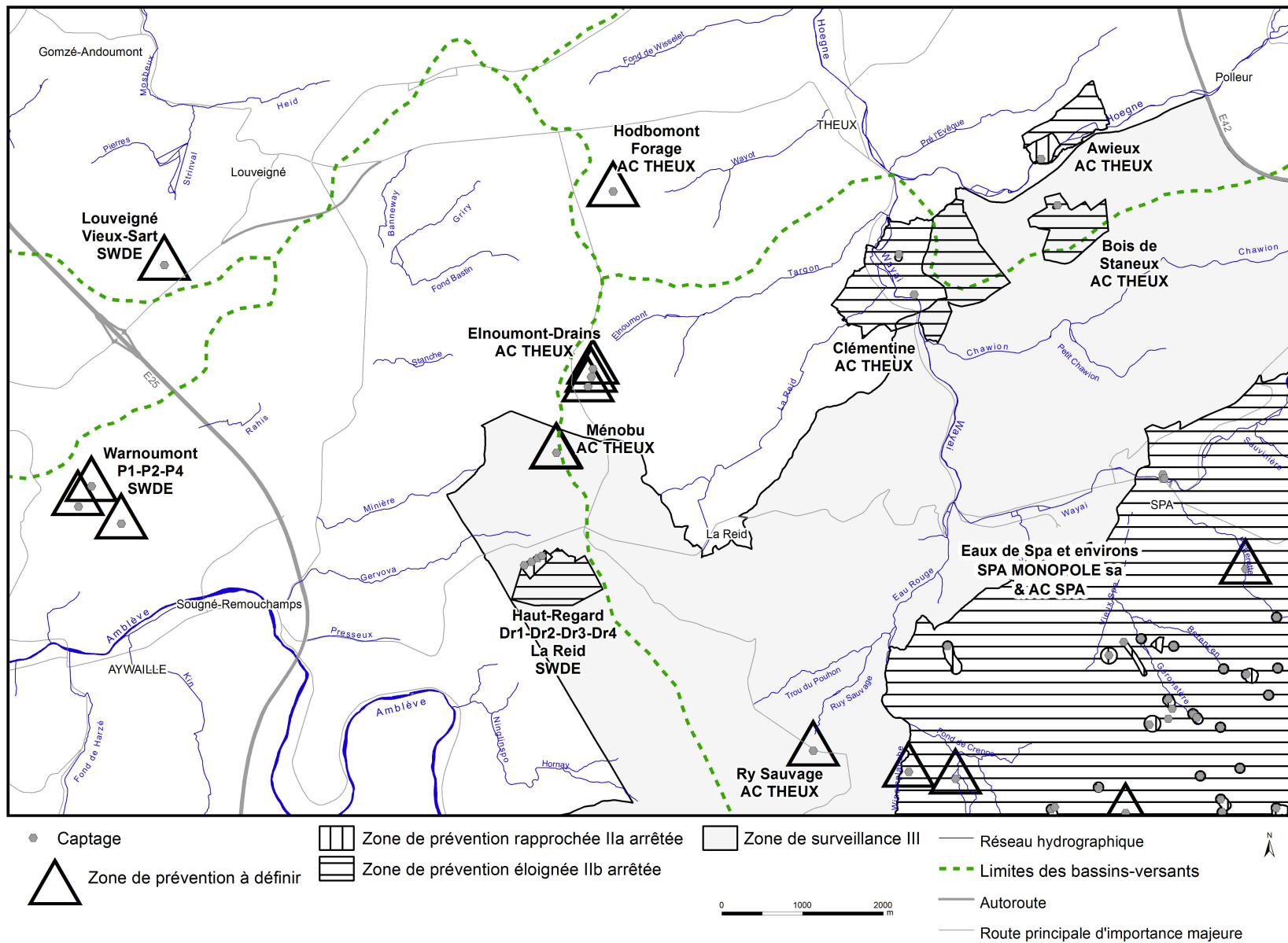


Figure VIII. 1 : Zones de prévention de la carte de Louveigné-Spa

IX. METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

Ce chapitre décrit brièvement les données géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques utilisées pour construire la carte hydrogéologique de Louveigné-Spa. Il aborde les principales sources d'informations disponibles pour la région étudiée. Les données collectées sont encodées dans une base de données structurée et mises en cartes. La structure du poster, au format A0, est également présentée dans ce chapitre.

IX.1 ORIGINES DES INFORMATIONS

IX.1.1 Données géologiques et connexes

Les données géologiques proviennent essentiellement de la carte géologique tracée en 1958 par P. Fourmarier (carte n°148, Louveigné-Spa). Des descriptions de forages sont également disponibles auprès du Service Géologique de Belgique et des sociétés de distribution publique d'eau potable.

Des discontinuités avec les cartes voisines entre les limites géologiques et/ou hydrogéologiques peuvent apparaître. Ces disparités sont le résultat de l'utilisation de fonds géologiques de générations différentes ou d'auteurs différents. La méthode de levé des nouvelles cartes géologiques est différente de celle employée auparavant (Dejonghe, 2007), ainsi des discontinuités entre les unités géologiques existent entre les différentes générations de cartes.

Sur la carte Louveigné-Spa, les discontinuités aux frontières de la carte sont dues à l'utilisation de fonds géologiques de générations et d'échelles différentes. Ainsi, on en observe

- au nord, avec la carte Fléron-Verviers 42/7-8, éditée en 1996 au 1/25 000 (Laloux *et al.*, 1996);
- à l'ouest, avec la carte Tavier-Esneux 49/1-2, éditée en 1898 au 1/40 000 (Lohest, 1898);
- au sud, avec la carte Harzé-La Gleize 49/7-8, éditée en 1959 au 1/25 000 (Asselberghs & Geukens, 1959);
- à l'est, avec la carte de Sart-Xhoffrai 50/1-2. Cette carte hydrogéologique est une compilation de plusieurs fonds géologiques (Asselberghs, 1946; Vandenvan, 1990; Geukens, 1999). Ces cartes géologiques ont été établies à une échelle régionale (1/100 000 et 1/200 000).

Lors de l'édition des nouvelles cartes géologiques et de l'actualisation des cartes hydrogéologiques, ces disparités devraient disparaître.

Des données concernant les calcaires carbonifères et dévoniens sont issues de l'atlas du karst wallon (CWPESS, 1996).

Sur le territoire de la carte Louveigné-Spa, il y a quelques carrières (calcaires, grès, quartzites essentiellement). Très peu sont toujours exploitées (Carrière de Coreux à Sprimont, Carrière de

Staneux à Theux). Celles-ci sont de très faible extension et aucune exhaure n'y est menée. Leurs impacts sur l'hydrogéologie locale est très réduit. Ainsi, leur périmètre n'a pas été tracé sur la carte hydrogéologique.

Plusieurs sites de la région étudiée ont fait l'objet d'investigations géophysiques. Ces zones de prospections géophysiques ont été simplement localisées sur la carte hydrogéologique. Les résultats ne sont pas présentés dans ce document. Seuls les types de prospection et les références bibliographiques sont mentionnés. Ci-dessous la liste des sites investigués :

- Site de Cornémont (Sprimont)(LGIH, 1989): 8 sondages électriques, 2 traînés électriques.
- Site de Damré (Sprimont)(LGIH, 1981c): 18 sondages électriques, 4 traînés électriques.
- Site de Warnoumont (Sprimont)(LGIH, 1981b & 1988): 24 sondages électriques, 3 traînés électriques, 1 profil magnétométrique
- Site d'Awieux (Theux)(LGIH, 2003): 9 sondages électriques, 4 sondages sismiques, 9 profils électromagnétiques VLF

IX.1.2 Données météorologiques et hydrologiques

Sur la carte Louveigné-Spa, on compte une seule station météorologique. Il s'agit de la station de Sprimont K8 de l'Institut Royal Météorologique. Les précipitations et les températures y sont mesurées depuis décembre 1985.

Quatre stations limnimétriques sont actuellement en service sur le territoire de cette carte. Deux stations appartiennent au réseau [AQUALIM](#) du SPW. La station L5860 est placée sur la Hoëgne à hauteur de Theux et en service depuis février 1979. La station L6790 est sur le Wayai à hauteur de Spixhe et en service depuis le 29 mars 2002. Le [SETHY](#) (Voies hydrauliques – SPW) exploite deux stations situées sur l'Amblève, l'une à Polleur (mise en service: 25/03/2004), l'autre à Remouchamps (mise en service: 04/04/1967).

IX.1.3 Données hydrogéologiques

IX.1.3.1 Localisation des ouvrages

Dans la base de données BD-Hydro, 233 ouvrages situés sur la carte Louveigné-Spa sont répertoriés. Parmi ces points, on compte 148 puits (puits forés et puits traditionnels), 21

piézomètres, 9 puits sur galerie, 28 drains, 6 sources exploitées ou non, des ouvrages captant des eaux géothermales (2) ou des eaux carbogazeuses (10) et 9 sondes géothermiques¹³.

De plus, selon l'atlas du karst wallon (CWE PSS, 1996), 93 pertes (chantoirs) et 31 résurgences sont recensées sur cette carte. Les autres phénomènes karstiques, tels que les grottes, les dolines... recensés par l'atlas ne sont pas repris sur la carte hydrogéologique.

Ces données proviennent de sociétés de distribution d'eau, d'administrations communales, d'industriels, de divers rapports techniques (voir liste bibliographique), de particuliers et de la base de données de la Région wallonne (10-sous) (<http://carto1.wallonie.be/10sousInt>) ainsi que de la base de données BD-Hydro.

IX.1.3.2 Données piézométriques

Très peu de données piézométriques sont disponibles pour la carte Louveigné-Spa. Environ 400 mesures de niveau d'eau sont encodées la base de données (35 puits/piézomètres). Ce jeu de données démarre en 1988. Elles proviennent principalement de la DGARNE, des sociétés d'eau (publiques ou privées), de quelques études, de la campagne de terrain menée lors de la réalisation de la carte hydrogéologique. Cependant, les données disponibles sont trop éparses, tant géographiquement que temporellement, pour pouvoir dresser des graphes substantiels sur l'évolution des niveaux d'eau. Les quelques données disponibles sont analysées au [chapitre IV.2](#). Sur le poster, quelques niveaux ponctuels sont présentés.

IX.1.3.3 Données hydrochimiques et tests sur les puits

L'essentiel des données hydrochimiques ont été fournies par la Direction des Eaux Souterraines (DESO-SPW). La SWDE, divers rapports et les prélèvements faits lors des campagnes de terrain ont complété ce jeu initial.

Environ 40 sites (puits et piézomètres, drains, galeries, sources) sont concernés, comptabilisant plus de 15 000 valeurs (depuis 1985). Ces analyses caractérisent surtout les eaux logées dans les grès du Famennien, les calcaires du Dévonien, les terrains du Dévonien inférieur et du socle cambro-silurien. Ces points, où des données chimiques sont disponibles, sont reportés sur la carte thématique des informations complémentaires et caractères des nappes. Le [chapitre V](#) décrit, plus en détails, le cadre hydrochimique des unités hydrogéologiques rencontrées sur la carte Louveigné-Spa.

¹³ Il s'agit de forages creusés uniquement pour descendre une sonde géothermique en profondeur. Ils sont ensuite rebouchés (cimentés) et c'est le liquide caloporteur qui circule. Il n'y a donc pas de prise d'eau à proprement-dit.

Divers tests sont parfois menés sur les puits, tels que des diagraphies, des essais de pompage, des tests de traçage afin de mieux connaître le contexte hydrogéologique dans lequel ces ouvrages sont implantés. Ces données proviennent généralement des sociétés de distribution publique d'eau, d'études hydrogéologiques diverses. Le résultat de ces tests (essais de pompage et traçage essentiellement) est synthétisé au [chapitre VII](#). Sur la carte thématique des informations complémentaires, les puits ayant fait l'objet de tels tests sont mis en évidence par divers symboles. Etant donné que beaucoup de captages fonctionnent par gravité (source, drain), il y a très peu d'essais de pompage sur cette carte. On dénombre quelques injections de traceurs dans des pertes, dans le but de mettre en évidence les relations 'chantoir-résurgence'.

IX.1.4 Autres données

La carte hydrogéologique de Wallonie est composée aussi d'informations relatives aux zones de prévention autour des captages, aux zones vulnérables aux nitrates, etc. En fonction de la région étudiée, ces couches d'informations ne se sont pas toujours présentes.

Sur la carte Louveigné-Spa, il y a plusieurs zones de prévention autour de captage dont l'eau est destinée à la consommation alimentaire. Ces zones (IIa & IIb, III) ont différents statuts. Ainsi, pour quelques captages, ces zones sont encore à définir. Toutes les zones de prévention délimitées ont été validées par arrêté ministériel. Elles figurent sur la carte principale au 1/25.000. La partie sud-est de la carte étudiée est aussi marquée par la zone de surveillance (zone III) des eaux de Spa. Elle est détaillée dans le [chapitre VIII.4](#).

IX.2 BASE DE DONNEES HYDROGEOLOGIQUES

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 base de données hydrogéologique géorelationnelle a été développée (Gogu, 2000, Gogu *et al.*, 2001). Cette première version de la base de données BD HYDRO a été régulièrement améliorée.

Dans un souci d'homogénéité entre les équipes et d'autres institutions (dont l'administration wallonne, DGARNE), la base 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.

Ainsi les données détaillées de l'hydrochimie, de la piézométrie, des volumes exploités, des paramètres d'écoulement et de transport, de géologie telles que les descriptions de log de forages et d'autres données administratives ou autres sont stockées dans la BD HYDRO (Wojda *et al.*, 2005). Cette base de données regroupe toutes les informations disponibles en matière d'hydrogéologie en Région wallonne. Parmi les nombreuses et diverses données de la BD HYDRO on trouve des informations relatives à la localisation des prises d'eau (puits, sources, piézomètres,...). leurs caractéristiques géologiques et techniques, ainsi que des données sur la piézométrie, la qualité physico-chimique des eaux souterraines, les volumes prélevés... les divers

tests (diagraphies, essais de pompage, essais de traçage, prospection géophysique) sont également encodés dans la BD HYDRO. Elle est également enrichie avec les informations sur les études, rapports et autres documents hydrogéologiques écrits. Ces renseignements se présentent sous la forme de métadonnées.

IX.3 POSTER DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

Le poster de la carte hydrogéologique est composé de plusieurs éléments:

- la carte hydrogéologique principale (1/25 000);
- les cartes thématiques (1/50 000):
 - Carte des informations complémentaires et du caractère des nappes;
 - Carte des volumes d'eau prélevés;
- la coupe hydrogéologique;
- le tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie';
- la carte de la Belgique (1/5 000 000) où est localisée la carte étudiée.

IX.3.1 Carte hydrogéologique principale

La carte principale (1/25 000) comprend plusieurs couches d'informations :

- le fond topographique de la carte IGN 1/10 000;
- le réseau hydrographique;
- les unités hydrogéologiques;
- les failles;
- les piézomètres;
- les puits des sociétés de distribution d'eau;
- les puits privés exploités et déclarés à la Région wallonne;
- les eaux carbogazeuses et les eaux géothermales;
- les sources exploitées ou non;
- les puits sur galeries et drains;
- les sondes géothermiques;
- les pertes et résurgences connues;
- les stations climatiques et limnimétriques;

- à défaut de carte piézométrique, des valeurs de niveau dans quelques unités hydrogéologiques, avec la date de la mesure;
- les écoulements karstiques reconnus par traçage;
- les zones de prévention IIa et IIb arrêtées par le Gouvernement Wallon;
- les zones de prévention IIa et IIb proposées par les titulaires;
- les zones de prévention à définir;
- le trait localisant le tracé de la coupe hydrogéologique.

IX.3.2 Carte des informations complémentaires et des caractères des nappes

Cette carte localise les différents sites où des données quantitatives et/ou qualitatives sont disponibles (analyses chimiques, diagraphies, essais de pompages, essais de traçage). Des informations sur l'état hydrochimique des unités hydrogéologiques de la carte étudiée sont détaillées dans le [chapitre V](#). Plusieurs essais de pompage ont été réalisés dans cette région. Les paramètres hydrodynamiques mesurés et calculés sont présentés dans le [chapitre VII](#).

Le caractère des nappes rencontrées est également spécifié. Il s'agit de définir si les nappes sont libres, semi-captives (semi-libres) ou captives (voir [chapitre IV.2.6](#))

Les zones de prospections géophysiques sont également localisées. Le but de ces investigations géophysiques est de mieux connaître le sous-sol, ses caractéristiques géométriques, la nature des terrains, entre autres. Ces travaux se font souvent notamment dans le but d'optimiser l'implantation des futurs puits et piézomètres. La carte hydrogéologique n'ayant pas pour objectif de présenter en détails les méthodes employées et les résultats obtenus, une simple liste des sites étudiés est dressée. Pour plus d'informations sur les campagnes de prospection géophysique, le lecteur est invité à consulter les dossiers mentionnés au [paragraphe IX.1.1](#).

IX.3.3 Carte des volumes d'eau prélevés

Sur cette carte thématique, sont reportés l'ensemble des points hydrogéologiques (forages, drains, sources, résurgences/pertes) classés selon l'unité hydrogéologique sollicitée. Pour plusieurs ouvrages, il n'a pas été possible de déterminer dans quelle formation géologique ils ont été implantés ne disposant pas d'information sur le log géologique ou/et la profondeur du puits.

Cette carte, au 1/50.000, reprend également les volumes d'eau prélevés annuellement, informations extraites de la base de données de la Région Wallonne « dix-sous » (D GARNE). Les volumes représentés sont les volumes déclarés par les titulaires à la Région wallonne. Deux catégories de volumes sont répertoriées sur la carte Louveigné-Spa: Les volumes destinés à la distribution publique d'eau potable et les autres volumes (particuliers, agriculteurs, industries...). Les données présentées sur cette carte sont les volumes de 2013 pour les volumes destinés de la distribution publique d'eau potable et de l'année 2012 pour les autres volumes

L'exploitation d'une prise d'eau souterraine est soumise à de nombreux aléas et, donc peut être variable. Les contraintes techniques de l'ouvrage, l'activité économique, liée à ce captage, et l'évolution des conditions hydrogéologiques de la nappe sollicitée, peuvent perturber les capacités de production. La présentation, sur la carte des Volumes, des volumes moyens prélevés, correspond à la moyenne des cinq dernières années (2008-2012, basés sur les déclarations des titulaires de prise d'eau). Ils illustrent de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la carte étudiée. Ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni d'exploitation réelle des nappes. Elles reflètent simplement l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées. Parmi ces dernières, il se peut que certaines d'entre elles soient des années sans prélèvement. Le [chapitre VI](#) consacré à l'exploitation des aquifères reprend l'historique des principaux captages de la carte.

Sur la carte Louveigné-Spa, se trouvent quelques puits (source minérale ferrugineuse naturellement gazeuse) appartenant à la commune de Spa (titulaire). Ils sont mis gracieusement à la disposition du public. Aucune donnée sur les volumes extraits n'est disponible.

IX.3.4 Tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie'

Le tableau lithostratigraphique reprend la liste des différentes formations géologiques susceptibles d'être rencontrées sur la carte Louveigné-Spa, traduites en termes d'unités hydrogéologiques. La définition de ces unités est présentée en détails dans le [chapitre IV](#).

IX.3.5 Coupe hydrogéologique

Parmi les éléments présentés sur le poster de la carte hydrogéologique Louveigné-Spa, figure la coupe hydrogéologique. Elle permet de comprendre dans son ensemble le contexte géologique de la région. Les grands structures géologiques y apparaissent (plis, failles). Elle est issue de la carte géologique de Fourmarier (1958)(coupe n°V). Sur cette coupe, là où la donnée est disponible, des informations sur les niveaux d'eau souterraine sont présentées. Cette coupe est commentée, en détails, au [chapitre IV.2.1](#).

X. BIBLIOGRAPHIE

Asselberghs E. (1946): L'éodévonien de l'Ardenne et des régions voisines. *Mem. Inst. Géolog. Univ. Louvain*, Tome XIV

Asselberghs, E. & Geukens, F. (1959). Carte géologique d'Harzé-La Gleize (feuille n°159) au 1/25.000 et son texte explicatif, Institut Géographique Militaire, Bruxelles

Bernard Ch. & Polrot F. (2000): Le système karstique de Louveigné (Sprimont-B). *Spéléo Info-REGARDS*, 39: 27-35

Belanger I., Delaby S., Delcambre B., Ghysel P., Hennebert M., Laloux M., Marion JM., Mottequin B., Pingot JL. (2012): Redéfinition des unités structurales du front varisque utilisées dans le cadre de la nouvelle Carte géologique de Wallonie (Belgique). *Geologica Belgica*, 15/3 : 169-175

Boulvain, F. & Pingot J.-L. (2012): Genèse du sous-sol de la Wallonie, Mémoire de la Classe des Sciences, *Académie royale de Belgique*, 190 p.

Briffoz A. (1980): Coloration à Sendrogne-Stinval vers le bassin de la Vesdre, In CRSOA Info, 182, nov-déc, 1980

Briffoz A. (1983): Le sous-sol karstique de Sprimont, *Spéléo Flash*, 137, Féd,Spéléo,Belg., 3-13

Brouyère S, Gesels J, Goderniaux P, Jamin P, Robert T, Thomas L, Dassargues A, Bastien J, Van Wittenberge F, Rorive A., Dossin F, Lacour J.-L., Le Madec D, Nogarède P, Hallet V. (2009): Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en œuvre de la Directive Européenne 2000/60 sur les masses d'eau souterraine en Région Wallonne (Projet Synclin'EAU). Convention RW et SPGE-Aquapôle.

Bultynck P., Coen-Aubert M., Dejonghe L., Godefroid J., Hance L., Lacroix D., Prétat A., Stainier P., Steemans P., Streeel M., Tourneur F, (1991). Les formations du Dévonien moyen de la Belgique, *Mém. expl. cartes géol. & min. Belg.*, 30, 106 pp.

Bultynck P, & Dejonghe L, (2001): Lithostratigraphic scale of Belgium. *Geologica Belgica*, Volume 4, N°1-2, Bruxelles.

Coen M. (1970): Stratigraphie du Frasnien de la Grotte de Remouchamps (Belgique). *Annales de la Société géologique de Belgique*, 93: 73-79

CWEPSS (1996): Atlas du Karst Wallon: Inventaire cartographique et descriptif des sites karstiques et rivières souterraines de Wallonie, DGARNE & CWEPSS (Commission Wallonne d'Etude et de Protection des Sites Souterrains asbl), <http://www.cwepss.org/atlasKarst.htm> + actualisation des données (version informatique, 2006)

CWEPSS Commission Wallonne d'Etude et de Protection des Sites Souterrains (de Broyer C., Delaby S., Michel G., Thys G.), **FPMs** Faculté Polytechnique de Mons (Avron C., Delaby S., Geuse A., Kaufmann O., Michelon S., Quinif Y.), **ULg** Université de Liège (Bonino E., Closson D., Ek C., Jaspas A., Ozer A., Salmon M.,

Schyns J.-C. (1995-2005). Etude cartographique numérique des périmètres de contraintes physiques inhérentes au karst wallon, *Convention subsidiée par la DGATLP (Région Wallonne)*

Dejonghe L. (2007): Guide de lecture des cartes géologiques de Wallonie au 1/25 000. 3^e édition. *Service Public de Wallonie*, 51p

DGARNE-DESO et Protectis-Cellule DCE (2010): Directive cadre de l'eau. Etat des lieux des districts hydrographiques. Fiches de caractérisation des masses d'eau souterraine. juin 2010, *SPW-DGARNE*

http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/GuideFichesMESO_v1_20.pdf

http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/ficheso/fiche_EDL_MESO_M021.pdf

http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/ficheso/fiche_EDL_MESO_M023.pdf

http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/ficheso/fiche_EDL_MESO_M100.pdf

http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/ficheso/fiche_EDL_MESO_M142.pdf

DGARNE DESO & DEE (2010): Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie. 9^e année. Décembre 2010. <http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/>

Droeven E., Feltz C., & Kummert M. (2004): Les territoires paysagers de Wallonie. Conférence permanente du développement territorial. Etudes et Documents 4. Ministère de la Région Wallonne, 68pp + annexes,

Ek C. (1969): Facteurs, processus et morphologie karstiques dans les calcaires paléozoïques de la Belgique, T1: 200p + annexes, T2: 122p + annexes, T3: 154 p + annexes, Thèse de doctorat, *Université de Liège*.

Ek C. (1970): Carte géologique de la Grotte de Remouchamps (Belgique). Notice explicative. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 93: 287-292.

Ek C. (1973): Analyses d'eaux des calcaires paléozoïques de la Belgique. Méthodes, techniques et résultats. *Service Géologique de Belgique, Professional Paper*, 18:1-33, 58 tableaux, 13 graphiques.

Ek C. (1976): Les phénomènes karstiques (pp 137-157) in: *Géomorphologie de la Belgique* (ouvrage coordonné par A.Pissart), Laboratoire de Géologie et de Géographie physique, Université de Liège 224p.

Ek C. (1983): L'eau dans le Vallon des Chantoirs (Remouchamps): une leçon sur les collaborations nécessaires. *Hydrographica*. SNDE, 1-2/1983: 7-14, ISBN: 0250-5223

Ek C., Michel R., Mousny V. & Closson D. (1997): The dynamics of karstic features of Sprimont (Belgium) and its consequences on land use planning. *Proceedings of the 12th International Congress of Speleology*, La Chaux-de-Fonds, Suisse, 5:13-14

Feneyrou G. (1989): La vie des eaux thermales et minérales. *Editions Erès*. 197 p

Fourmanier P. (1939). Quelques observations nouvelles sur la tectonique de la partie nord de la Fenêtre de Theux. *Ann. Soc. géol Belgique*: 62, 514-524.

- Fourmanier P.** (1958): Carte géologique de Louveigné-Spa n°148, 1/25 000. *Service Géologique de Belgique*, accompagnée de son texte explicatif, 55p.
- Fourmanier P.** (1969). Remarques au sujet de la tectonique de la partie nord de la Fenêtre de Theux. *Ann. Soc. géol Belgique*: 92, 131-158.
- Geukens. F.** (1981): Cross-sections through the belgian variscan massif. *Geologie en Mijnbouw*, 45-48.
- Geukens. F.** (1986): Commentaires à la carte géologique du Massif de Stavelot. *Aardkundige Mededelingen*, 3: 15-29.
- Geukens. F.** (1999): Notes accompagnant une révision de la carte structurale du Massif de Stavelot. *Aardkundige Mededelingen*, 9: 183-190.
- Gogu R.C.** (2000): Advances in groundwater protection strategy using vulnerability mapping and hydrogeological GIS databases. Thèse de doctorat. *Université de Liège*.
- Gogu R.C., Carabin G., Hallet V., Peters V., Dassargues A.** (2001): GIS-based hydrogeological databases and groundwater modelling. *Hydrogeology Journal* (2001) 9: 555-569.
- Graulich JM.** (1963). Excursion du 15 juin 1963. Visite des sondages du Service Géologique de Belgique. *Ann. Soc. géol Belgique*: 86, 589-598.
- Graulich JM.** (1984). Coupe géologique passant par les sondages d'Hermalle-sous-Argenteau, Bolland, Soumagne, Soiron, Pepinster 2 et 1 et Juslenville – commentaires. *Bull.Soc.belge Géol.*: 93(1-2), 45-49.
- Hance, L., Dejonghe, L., Ghysel, P., Laloux, M., Mansy, J.L.** (1999): Influence of heterogeneous lithostructural layering on orogenic deformation in the Variscan Front Zone (eastern Belgium). *Tectonophysics*, 309, 161-177
- Hollmann G. & Walter R.** (1995): The Variscan deformation front between Stavelot-Venn Anticline and Brabant Massif – a balanced geological cross section along Liège-Theux traverse. *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 2, 92-104.
- Laloux, M., Dejonghe, L., Ghysel, P. & Hance, L.** (1996): Carte géologique de Fléron-Verviers 42/7-8, *Service Public de Wallonie, DGARNE*, Namur. Carte et notice (105 p.)
- Laloux M., Dejonghe L., Ghysel P., Hance L., Mansy J-L.** (1997): Nouveaux concepts tectoniques dans le Synclinorium de Verviers (Est de la Belgique) *Ann. Soc. géol. Nord.* 5 (2^{ème} série): 23-46.
- LGIH** (1981a): Commune de Sprimont – Puits n°1 de Warnoumont. Puits n°2 de Warnoumont. Essais de pompage longue durée. SPR
- LGIH** (1981b): Commune de Sprimont – Secteur de Warnoumont – Etude géoélectrique. SPR/811
- LGIH** (1981c): Commune de Sprimont – Secteur de Damré – Etude hydrogéologique et géoélectrique. SPR/813
- LGIH** (1988): Commune de Sprimont – Secteur de Warnoumont – Puits de Warnoumont. SPR/882

- LGIH** (1989): Commune de Sprimont – Secteur de Cornémont – Prospection géophysique. SPR/891
- LGIH** (2003): Commune de Theux – Détermination des zones de prévention des captages – Captage des Awieux. TF/2003-01
- Lohest M.** (1898): Carte géologique n° 147 Tavier-Esneux dressée au 1/40.000. Service Géologique de Belgique
- Meilliez F & Mansy J-L.** (1990): Déformation pelliculaire différenciée dans une série lithologique hétérogène : le dévono-carbonifère de l'Ardenne. *Bull. Soc. Géol. France*. VI. I. 177-178,
- Meus P.** (1993): Hydrogéologie d'un aquifère karstique du calcaire carbonifère en Belgique (Néblon - Anthisnes). Apport des traçages à la connaissance des milieux fissurés et karstifiés. Thèse de doctorat. *Université de Liège*.
- Michot P.** (1988). Le Synclinorium de Herve. *Ann. Soc. géol Belgique*: 110, 101-188.
- Monjoie A.** (2002): Caractéristiques des eaux minérales, carbo-gazeuses et thermales du sud-est de la Belgique, *Géologues (Union Française des Géologues)*, 133-134, pp. 119-123.
- Nys L.** (1929a): Le Chantoir du Château de Gomzé. *Ann. Soc. Géolo. Belgique*. 52, B98-100.
- Nys L.** (1929b): Observations sur l'hydrologie des calcaires dans la région de Sprimont-Chanxhe. *Ann. Soc. Géolo. Belgique*, 52, B219-B220.
- Nys L.** (1930): Le Chantoir du Hammier. *Ann. Soc. Géolo. Belgique*, 53, B143-144.
- Pfannkuch H-O.** (1990): Elsevier's Dictionary of Environmental Hydrogeology. *Elsevier*.
- Pissart A.** (1995): L'Ardenne sous le joug du froid. In Demoulin A. (Ed). L'Ardenne – Essai de Géographie physique. Ed. Département de Géographie physique de l'Université de Liège. 136-154
- Polrot F.** (2005): Les sites karstiques et l'eau dans le bassin de la Vesdre. *Contrat de Rivière Vesdre*. 33 p + 18 figures, <http://www.crvesdre.be/>
- Quinif Y.** (1977): Essai d'étude synthétique des cavités karstiques de Belgique. *Revue Belge de Géographie*, Fascicules 1 à 3, 116-173
- Roland C. & Marion JM.** (1987): Phénomènes karstiques et cônes de limon formés aux résurgences à La Reid. *Bull.Soc.Géogr.Liège*, 22-23: 149-159
- SPAQuE** (2001): Site "Salle communale", Theux, Lg7103-001: Etude d'orientation. 26p + annexes
- SPAQuE-Bissot** (2003): Site "Les Edjahes", décharge, Aywaille, Lg0704-001: Etude d'orientation. En collaboration avec le bureau d'études Robert Bissot. 38p + annexes
- SPAQuE-SPB** (2003): Site "Moulin Buche", Theux, Lg7103-003: Etude d'orientation. En collaboration avec SPB Environnement. 62p + annexes
- SPAQuE-SPB** (2004): Site d'Activité Economique Désaffecté, "Bodart et Gonay", Theux, Lg7103-004: Etude d'orientation. En collaboration avec avec SPB Environnement. 42p + annexes

SPAQuE (2006-2007): Site "Les Edjahas", décharge, Aywaille, Lg0704-001: Fiche d'information (mise à jour: 25/01/2007): <http://www.walsols.be/pdfs/8181/2150.pdf> - Surveillance environnementale: état 2006: <http://www.walsols.be/pdfs/8181/2149.pdf>

SWDE (2006): Synthèse de l'étude géologique et hydrogéologique - Type et nature de la nappe aquifère alimentant l'ouvrage de prise d'eau de Sprimont (Louveigné Vieux-Sart D1). SWDE-Service Protection des Ressources et Captages, 7p

TBE (2010): Tableau de bord de l'environnement wallon 2010 *SPW-DGARNE-DEMNA-DEE*. Cellule Etat de l'environnement wallon, 230p, ISBN : 978-2-8056-0017-3

<http://etat.environnement.wallonie.be>

UNESCO-OMM. (1992): Glossaire International d'Hydrologie. Seconde édition, 413p

Van den Broeck E., Martel E.A, & Rahir E. (1910): Les cavernes et les rivières souterraines de la Belgique, Bruxelles: Edité par les auteurs, 2 tomes, 1586p

Vandenven G. (1990): Explications de la carte géologique du Synclinorium de l'Eifel (région de Gouvy-Sankt-Vith-Elsenborn), *Annales de la Société Géologique de Belgique*, T.113 (fascicule 2), pp. 103-113

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

ANNEXE 1: LISTE DES ABREVIATIONS DES INSTITUTIONS ET ORGANISMES

- **HGE-GEO³** : Hydrogéologie & Géologie de l'Environnement- GEO³ - ArGEnCo – ULg
Bâtiment B52, niveau –1, Sart-Tilman à 4000 LIEGE
<http://www.argenco.ulg.ac.be/geo3>
- **IRM**: Institut Royal Météorologique, Section Climatologie.
Avenue Circulaire, 3 à 1180 BRUXELLES
<http://www.meteo.oma.be/IRM-KMI/>
- **ISSeP**: Institut Scientifique de Service Public
Rue du Chéra, 200 à 4000 LIEGE
<http://www.issep.be>
- **LGIH**: Laboratoires de Géologie de l'Ingénieur, d'Hydrogéologie et de Prospection Géophysique, Université de Liège
Suite la succession du Professeur A.Monjoie, les activités sont poursuivies au sein d'ArGEnCo, GEO³
- **SGB**: Service Géologique de Belgique
Direction Opérationnelle Terre et Histoire de la Vie
Institut royal des Sciences naturelles de Belgique
Rue Jenner, 13 à 1000 BRUXELLES
<http://www.sciencesnaturelles.be/geology>
- **SPAQuE**: Société Publique d'Aide à la Qualité de l'Environnement
Boulevard d'Avroy, 38/6 à 4000 LIEGE
<http://www.spaque.be> <http://www.walsols.be/>
- Service Public de Wallonie (**SPW**)
Depuis le 1^{er} août 2008, Ministère wallon de l'Équipement et des Transports et le Service public de Wallonie ont fusionné pour donner naissance au **Service public de Wallonie**. Ainsi la DGRNE est reprise dans la Direction générale opérationnelle 3 (DGO3) dont les domaines de compétences sont l'Agriculture, les Ressources naturelles et l'Environnement. La Direction des Eaux Souterraines est incluse dans le Département de l'Environnement et de l'Eau.

DGO3 - Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (D GARNE)

Département de l'Environnement et de l'Eau

Direction des Eaux souterraines (**DESO**) & Direction des Eaux de Surface (dont la Direction des Cours d'Eau non navigables, **DCENN**)

Avenue Prince de Liège, 15 à 5100 Jambes

<http://environnement.wallonie.be/> - <http://aqualim.environnement.wallonie.be>

DGO2: Direction générale opérationnelle de la Mobilité et des Voies hydrauliques – **SETHY**:

Direction des voies hydrauliques (D.G.2) - Division des Études et des Programmes-
Direction des Etudes hydrologiques et des Statistiques + service d'études hydrologiques (SETHY)(D.212).

Boulevard du Nord, 8 à 5000 NAMUR

Depuis le 1^{er} août 2008, ce service fait partie de la Direction Générale Opérationnelle Mobilité et Voies Hydrauliques (DGO2), Département des études et de l'appui à la gestion. Anciennement, ce service faisait partie du Ministère wallon de l'Équipement et des Transport (MET) devenu SPW.

<http://voies-hydrauliques.wallonie.be>

<http://voies-hydrauliques.wallonie.be/opencms/opencms/fr/hydro/crue/>

DGO4: Direction générale opérationnelle - Aménagement du territoire, Logement, Patrimoine et Énergie (DGTALPE)

▪ **SWDE** : Société Wallonne des Eaux

Rue de la Concorde, 41 à 4800 VERVIERS

<http://www.swde.be>

▪ **UMons**: Université de Mons (anciennement **FPMs**: Faculté Polytechnique de Mons)

Cellule Hydrogéologie

Rue de Houdain, 9 à 7000 Mons

ANNEXE 2: TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figures

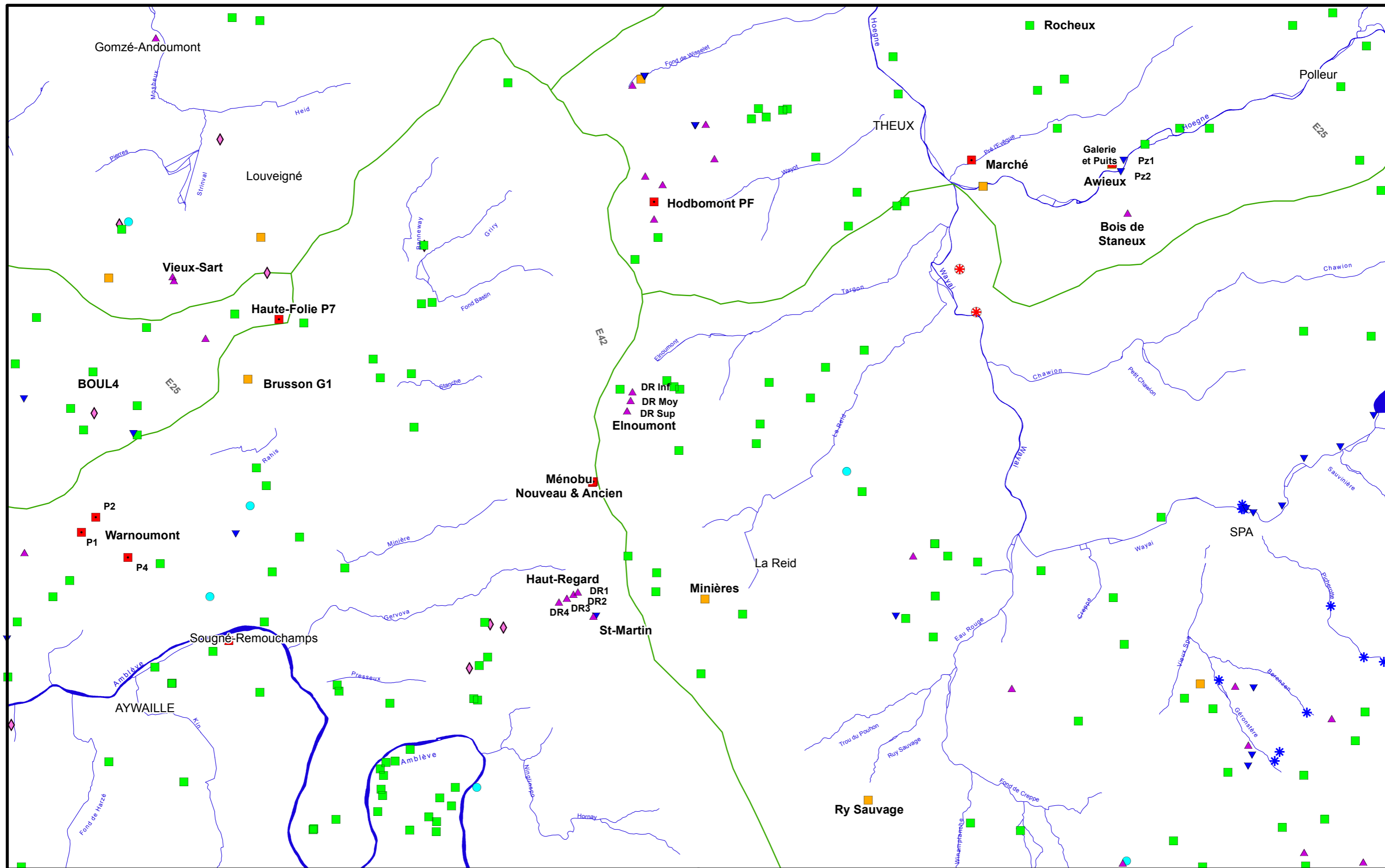
Figure I.1: Localisation de la carte Louveigné-Spa	6
Figure II.1 : Territoires paysagers – Louveigné-Spa.....	7
Figure II.2 : Carte du relief – Louveigné-Spa	8
Figure II.3: Réseau hydrographique - Carte Louveigné-Spa	9
Figure II.4: Répartition de l'occupation du sol - Louveigné-Spa	10
Figure II.5: Occupation du sol - Louveigné-Spa	11
Figure II.6: Type de sols - Louveigné-Spa	12
Figure II.7 : Légende de la carte des types de sols – Louveigné-Spa.....	13
Figure II.8: Répartition des types de sols- Louveigné-Spa.....	13
Figure III.1: Localisation de la carte géologique de Louveigné-Spa (Boulvain & Pingot, 2012, modifié)	14
Figure III.2 : Cadre tectonique simplifié (d'après Fourmarier, 1958)	16
Figure III.3: Carte structurale schématique de l'Est de la Belgique avec indication des unités structurales de la Nappe de la Vesdre: 1.Unité de Jalhay; 2.Unité de la Gileppe; 3.Unité de Goé; 4. Unité de Forêt-Andrimont; 5. Unité du Tunnel (d'après Laloux et al., 1997)	23
Figure III.4: Entités structurales de la carte Louveigné-Spa.....	24
Figure IV.1: Cadre hydrogéologique simplifié de la carte Louveigné-Spa	37
Figure IV.2: Site d'Awieux - AC Theux.....	39
Figure IV.3 : Phénomènes karstiques - Carte Louveigné-Spa	43
Figure IV.4: Site karstique du 'Château de Gomzé-Andoumont / Gros Confin'	44
Figure IV.5: Site karstique de Stinval (Louveigné)	45
Figure IV.6: Site karstique de Damré (Sprimont)	46
Figure IV.7: Site karstique du Vallon des Chantoirs - Grotte de Remouchamps.....	49
Figure IV.8: Site karstique de Kin-Dieupart (Aywaille)	50
Figure IV.9: Site karstique de la Grotte du Chalet (Aywaille)	51
Figure IV.10: Site karstique de Wislé-Juslenville (Theux).....	52
Figure IV.11: Site karstique de La Reid – Hestroumont.....	53
Figure IV.12: Sites de Vieux-Sart et Warnoumont - SWDE.....	55
Figure IV.13: Site de Haut-Regard – SWDE.....	57
Figure IV.14: Sites de Ménobu, Elnoumont, Hodbomont - AC Theux	58
Figure IV.15: Site "Bois de Staneux" - AC Theux.....	59
Figure IV.16: Site du Ry Sauvage - AC Theux.....	60
Figure IV.17: Coupe géologique schématique de la région de Spa (Monjoie, 2002)	61
Figure V.1 : Carte des masses d'eau souterraine de la région de Louveigné-Spa	66
Figure V.2: Diagramme de Piper - Louveigné-Spa.....	67
Figure V.3: Zones vulnérables aux nitrates - Région wallonne	74
Figure V.4: Evolution des teneurs en nitrates - Aquifère des grès du Famennien & Aquifère des calcaires du Dévonien	75

Figure V.5: Evolution des teneurs en nitrates - Unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur et du Cambro-Silurien.....	76
Figure V.6: Sites WALSOLS - Carte Louveigné-Spa.....	79
Figure VI.1: Historique des volumes prélevés pour la distribution publique	82

Tableaux

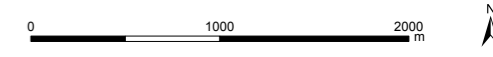
Tableau II.1: Répartition détaillée de l'occupation du sol – Territoires agricoles.....	10
Tableau IV.1: Unités hydrogéologiques du Dinantien (Carbonifère) de la carte Louveigné-Spa	32
Tableau IV.2: Tableau des unités hydrogéologiques – Correspondance Géologie-Hydrogéologie	35
Tableau IV.3: Termes du bilan - Calcul annuel de l'eau utile et de l'infiltration efficace, en mm (LGIH, 2003) ..	40
Tableau V.1: Sites WALSOLS sur la carte Louveigné-Spa.....	65
Tableau V.2: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère	68
Tableau V.3: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Dévonien	69
Tableau V.4: Caractéristiques hydrochimiques des eaux du Famennien	70
Tableau V.5: Caractéristiques hydrochimiques des eaux du Dévonien inférieur	71
Tableau V.6: Caractéristiques hydrochimiques des unités hydrogéologiques du socle cambro-silurien.....	72
Tableau V.7: Caractéristiques hydrochimiques des eaux captées par Spa Monopole s.a.	73
Tableau V.8: Paramètres microbiologiques - Carte Louveigné-Spa	77
Tableau V.9: Principaux pesticides dans les eaux souterraines - Carte Louveigné-Spa	78
Tableau V.10: Principaux métaux lourds - Carte Louveigné-Spa.....	78
Tableau VI.1: Volumes prélevés sur le site de captage de Warnoumont (SWDE).....	81
Tableau VI.2: Eaux de Spa - Volumes moyens annuels	83

ANNEXE 3: CARTE DE LOCALISATION



POINTS HYDROGEOLOGIQUES

- | | | | |
|--|---|--|---------------------------------------|
| ■ Puits pour la distribution publique d'eau potable | ■ Autre puits | * Eau carbogazeuse | Autoroute |
| ■ Puits sur galerie par gravité | ▼ Piézomètre | * Eau géothermale | Route principale d'importance majeure |
| | ▲ Drain | ◆ Sonde géothermique | Réseau hydrographique |
| | ● Source (exploitée ou non) | Limites des bassins-versants | |

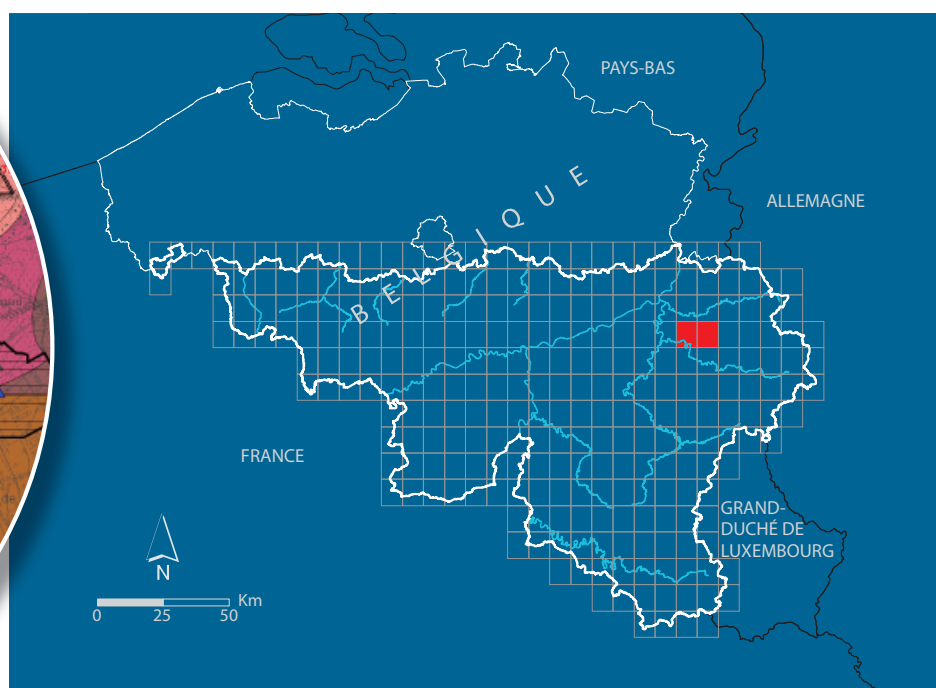
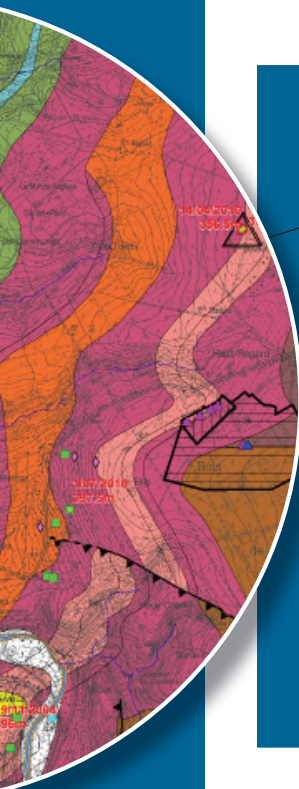


ANNEXE 4: COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE

Nom	Code RW	Identifiant RW	X(m)	Y(m)	Z(m)	Type	Prof.(m)
Vieux-Sart	49/3/1/003	5575	243945	134988	269.62	Drain	
Haut-Regard DR1	49/3/9/005	8002	248619	131384	349.27	Drain	1.9
Haut-Regard DR2	49/3/9/002	1543	248568	131355	348.76	Drain	2.46
Haut-Regard DR3	49/3/9/004	5858	248492	131312	349.96	Drain	1.87
Haut-Regard DR4	49/3/9/003	3686	248401	131268	350.74	Drain	2.13
Warnoumont P1	49/3/4/007	905	242875	132074	305	Puits foré	37
Warnoumont P2	49/3/4/011	6791	243040	132248	307.81	Puits foré	77
Warnoumont P4	49/3/4/004	2761	243411	131783	284.7	Puits foré	52
Brusson G1	49/3/5/001	213	244799	133847	260.25	Galerie	
Haute-Folie P7	49/3/5/004	6704	245160	134540	314	Puits foré	72
Awieux Galerie	49/4/2/003	6757	254798	136334	192	Galerie	
Awieux Puits			254798	136334	192	Puits traditionnel	3.5
Awieux – PZ1			254935	136379	194.7	Puits foré	10
Awieux – PZ2			254903	136246	192.4	Puits foré	10
Hodbomont PF	49/3/3/002	2858	249500	135900	300	Puits foré	76.5
Elnoumont DR inf	49/3/6/001	4167	249250	133700	327	Drain	
Elnoumont DR moy	49/3/6/008	8549	249230	133600	328	Drain	
Elnoumont DR sup	49/3/6/007	8548	249190	133480	329	Drain	
Ménobu Ancien	49/3/6/003	151	248800	132660	363	Puits foré	39
Ménobu Nouveau	49/3/6/002	6327	248790	132650	364	Puits foré	50
Ry Sauvage	49/4/7/003	1419	251980	128970	378	Galerie	6
Marché	49/4/2/001	2424	253176	136385	190	Puits traditionnel	2
Bois de Staneux	49/4/2/004	572	255004	135728	275	Drain	
Minières	49/4/7/002	7602	250090	131300	330	Galerie	
St-Martin	49/3/9/001	7715	248800	131100	373	Drain	2
Rocheux	49/3/2/010	12321	253849	137944	234	Puits foré	100
BOUL4	49/3/4/016	38176	243009	133930	265	Puits foré	120

COORDONNEES DES PHENOMENES KARSTIQUES CITES DANS LA NOTICE

Nom	Code Atlas du Karst Wallon (AKWA)	X(m)	Y(m)	Z(m)	Type	Carte (si hors Louveigné-Spa)
Chantoir du Hammier	49/3-10	245590	138160	218	Perte	
Chantoir du Château de Gomzé	49/3-5	242500	137300	212	Perte	
Trou du Renard Résurgence des Forges	49/3-9	243700	137980	175	Résurgence	
Chantoirs de Gros Confin	49/2-28;30;31	241470	137550	245	Perte	Tavier-Esneux 49/1-2
Fontaine de Borboux (Résurgence de Stinval)	49/3-17	244210	136470	204	Résurgence	
Chantoir Est de Sendrone	49/3-22	243360	135740	242	Perte	
Trou Bleu	49/2-78	237220	132760	105	Résurgence	Tavier-Esneux 49/1-2
Trou du Renard	49/3-64	243830	134700	265	Perte	
Chantoir Leduc	49/3-61	242897	134145	261	Perte	
Grotte de Remouchamps	49/3-74	245340	130790	140	Grotte (résurgence)	
Chantoir & Pertes de Chefosse-Deigné	49/3-41 & 49/3-122;123	246710	133900	218	Perte	
Dolines-Pertes d'Adzeux	49/3-30;124;125;126;127	245990	135610	265	Perte	
Grotte-Chantoir d'Adzeux	49/3-32	246660	135190	233	Perte	
Chantoir de Grandchamps	49/3-31	246240	135090	250	Perte	
Trou Lecoq	49/3-51	245670	133340	210	Perte	
Perte de Hotchamp	49/3-52	245120	133160	222	Perte	
Chantoir du Béron Ry	49/3-53	244910	132970	215	Perte	
Chantoir de Sècheval	49/3-67	245780	131800	168	Perte	
Dieu Le Père	49/3-99	243640	129946	150	Résurgence	
Dieupart	49/3-98	243640	129920	150	Résurgence	
Chantoir de Kin	49/3-82	244300	129190	210	Perte	
Grotte du Chalet	49/3-88	242921	129096	158	Résurgence	
Chantoir de l'Hermiterie	49/6-36	241980	126130	240	Perte	Hamoir-Ferrières 49/5-6
Pertes du Fond de Harzé	49/7-1 & 49/7-2	242690 242640	128140 128110	175	Perte	Harzé-La Gleize 49/7-8
Chantoir de Ronde-Haie	49/4-3	250640	137940	220	Perte	
Chantoirs de la Ferme de Wislé	49/4-5	250440	137450	240	Perte	
Résurgence de Jusleville	42/8-82	251960	138370	155	Résurgence	Fléron-Verviers 42/7-8
Chantoir de La Reid	49/4-25	250900	132470	253	Perte	
Perte principale du ru de Jehanster	49/4-26	251050	132400	260	Perte	
Résurgences d'Hestroumont	49/4-40;49	251869	133787	215	Résurgence	
Résurgence de la Gouche – Spixhe	49/4-43	252810	134940	185	Résurgence	



SPW | Éditions, CARTES

Dépôt légal : D/2014/12.796/9 – ISBN : 978-2-8056-0162-0

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

N° Vert du SPW : 1718 (Appel gratuit) - www.wallonie.be