

Notice explicative

CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE WALLONIE

Echelle : 1/25 000



Photos couverture © SPW-DGARNE(DGO3)

Fontaine de l'ours à Andenne

Forage exploité

Argillère de Celles à Houyet

Puits et sonde de mesure de niveau piézométrique

Emergence (source)

Essai de traçage au Chantoir de Rostenne à Dinant

Galerie de Hesbaye

Extrait de la carte hydrogéologique de Fléron - Verviers



FLÉRON - VERVIERS

42/7-8

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

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



NOTICE EXPLICATIVE

2013

Première version : Juin 2010
Actualisation partielle : Mars 2013

Dépôt légal – **D/2013/12.796/5** - ISBN : **978-2-8056- 0127-9**

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 MATIERES

AVANT - PROPOS	4
I. INTRODUCTION	6
II. CADRES GEOGRAPHIQUE, HYDROGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET PEDOLOGIQUE	7
III. CADRE GEOLOGIQUE	14
III.1. CARTE GEOLOGIQUE REGIONAL.....	14
III.2. CARTE GEOLOGIQUE DE LA CARTE.....	15
<i>III.2.1. Cadre litho-stratigraphique</i>	15
III.2.1.1. Formations du Paléozoïque.....	15
III.2.1.1.1 Dévonien.....	15
III.2.1.1.2 Carbonifère.....	18
III.2.1.2. Formations du Mésozoïque.....	20
III.2.1.2.1 Crétacé.....	20
III.2.1.3. Formations du Cénozoïque.....	21
III.2.1.3.1 Paléogène.....	21
III.2.1.3.2 Néogène.....	21
III.2.1.3.3 Quaternaire.....	21
<i>III.2.2. Cadre structural</i>	22
<i>III.2.3. Gisements métallifères Plomb-Zinc</i>	25
IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE	26
IV.1. DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES.....	26
<i>IV.1.1. Unités hydrogéologiques du Dévonien</i>	27
IV.1.1.1. Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur.....	27
IV.1.1.2. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.....	27
IV.1.1.3. Aquitard de l'Eifelien.....	27
IV.1.1.4. Aquifères des calcaires du Frasnien et du Givetien.....	27
IV.1.1.5. Aquitard du Famennien-Frasnien.....	28
IV.1.1.6. Aquifère des grès du Famennien.....	28
<i>IV.1.2. Unités hydrogéologiques du Carbonifère</i>	29
IV.1.2.1. Aquifère – Aquitard – Aquiclude de l'Hastarien.....	29
IV.1.2.2. Aquifère des calcaires du Carbonifère.....	29
IV.1.2.3. Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller.....	30

IV.1.3. Unités hydrogéologiques du Crétacé	32
IV.1.3.1. Aquifère des sables du Santonien	32
IV.1.3.2. Aquifère – Aquitard de Vaals	32
IV.1.3.3. Aquifère des craies du Crétacé.....	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 des limons	33
IV.1.4.4. Aquifère alluvial	33
IV.2. DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE DE LA CARTE	35
IV.2.1. Aquifères du Crétacé	35
IV.2.2. Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller.....	37
IV.2.3. Aquifères des calcaires du Carbonifère et du Dévonien.....	39
IV.2.4. Aquifère des grès du Famennien – Aquitard du Famennien-Frasnien.....	53
IV.2.5. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.....	56
IV.2.6. Coupe hydrogéologique	58
IV.2.7. Piézométrie de la carte Fléron-Verviers.....	59
V. CADRE HYDROCHIMIQUE	61
V.1. CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX.....	62
V.1.1. Généralités	62
V.1.2. Aquifères du Crétacé	63
V.1.3. Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller.....	64
V.1.4. Aquifère des calcaires du Carbonifère.....	65
V.1.5. Aquifère des grès du Famennien.....	67
V.1.6. Aquifère des calcaires du Givetien.....	68
V.1.7. Aquitard de l'Eifelien.....	69
V.1.8. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	70
V.2. PROBLEMATIQUE DES NITRATES	71
V.3. QUALITE BACTERIOLOGIQUE	73
V.4. PESTICIDES	73
V.5. AUTRES PARAMETRES.....	73
VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES	76

VII. PARAMETRES D'ECOULEMENT ET DE TRANSPORT	79
VII.1. AQUIFERES DU CRETACE	79
VII.2. AQUIFERE - AQUITARD - AQUICLUDE DE L'HASTARIEN	80
VII.3. AQUIFERE DES GRES DU FAMENNIEN – AQUITARD DU FAMENNIEN	81
VIII. ZONES DE PROTECTION	83
VIII.1. CADRE LEGAL	83
VIII.2. ZONES DE PREVENTION 'CHABOTTE' & 'DOUX FONDS' (PEPINSTER)	85
VIII.3. ZONES DE PREVENTION A DEFINIR	86
IX. METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE	88
IX.1. ORIGINE DES INFORMATIONS	88
IX.1.1. <i>Données géologiques et connexes</i>	88
IX.1.2. <i>Données météorologiques et hydrologiques</i>	89
IX.1.3. <i>Données hydrogéologiques</i>	89
IX.1.3.1. Localisation des ouvrages	89
IX.1.3.2. Données piézométriques	89
IX.1.3.3. Données hydrochimiques et tests sur les puits	90
IX.1.4. <i>Autres données</i>	90
IX.2. BASE DE DONNEES HYDROGEOLOGIQUES	91
IX.3. POSTER DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE	91
IX.3.1. <i>Carte hydrogéologique principale</i>	91
IX.3.2. <i>Carte des informations complémentaires et du caractère des nappes</i>	92
IX.3.3. <i>Carte des volumes d'eau prélevés</i>	93
IX.3.4. <i>Tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie'</i>	94
IX.3.5. <i>Coupe hydrogéologique</i>	94
X. BIBLIOGRAPHIE	95
ANNEXE 1: LISTE DES ABREVIATIONS DES INSTITUTIONS ET ORGANISMES	99
ANNEXE 2: TABLE DES ILLUSTRATIONS	101
ANNEXE 3: CARTE DE LOCALISATION	103
ANNEXE 4: COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE	105

Avant – propos

La réalisation de la carte hydrogéologique Fléron-Verviers 42/7-8 s'inscrit dans le cadre du programme de cartographie des ressources en eau souterraine de Wallonie, financé par le Service Public de Wallonie (DGARNE-DGO3). 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 juin 2010¹. L'actualisation de cette carte a été réalisée en mars 2013 et 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 aussi au projet 'Carte hydrogéologique de Wallonie' l'Université de Mons (UMons, anciennement FPMs), l'Université de Namur (UNamur, anciennement FUNDP) et l'Université de Liège (ULg) dont le site ULg-Arlon.

Les auteurs de la carte hydrogéologique remercient tous les bureaux d'études actifs dans le domaine de l'environnement qui ont fourni de nombreuses données. Nous remercions également la Société Wallonne des Eaux ainsi que la SPAQuE. Nous tenons à remercier vivement Pierre Ghysel et Martin Laloux pour leurs précieux éclaircissements sur la géologie de la région, en particulier son cadre tectonique, ainsi que Didier Mouchamps, fontainier du Service des Eaux de la commune de Theux pour la visite et l'échantillonnage des captages communaux (2010) et Jean-Paul Malmendier. 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 sa relecture attentive et constructive de la carte et de la notice, nous remercions également Sylvie Roland (UMons).

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

Par un choix délibéré, toute superposition outrancière d'informations conduisant à réduire la lisibilité de la carte a été évitée. Dans ce but, outre la carte principale, deux cartes thématiques et une coupe hydrogéologique, et un tableau litho-stratigraphique sont présentés.

¹ Ruthy I. & Dassargues A. (2010). Carte hydrogéologique de Wallonie, Fléron-Verviers, 42/7-8. 1:25000. Namur, Service Public de Wallonie, Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement, 1 notice explicative de 96 p. + annexes

Les données utilisées pour la réalisation de la carte ont été encodées dans une base de données (GeoDataBase-ArcGIS-ESRI) 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

Située à une dizaine de kilomètres à l'est de Liège, la région de Fléron-Verviers offre une grande diversité de paysages (figure I.1). Depuis le nord avec l'extrémité méridionale du Pays de Herve, on descend vers la vallée de la Vesdre pour remonter, au sud, sur les contreforts ardennais.

Hydrogéologiquement, la région est aussi très variée et complexe. Les terrains rencontrés s'étendent du Dévonien inférieur au Crétacé, marqués par de nombreuses failles. Localement, des lambeaux de dépôts sableux de l'Oligocène et des terrasses fluviales sont observés.

Les ressources en eaux souterraines de la carte Fléron-Verviers sont essentiellement localisées dans les terrains crayeux du Mésozoïque, les formations carbonatées du Massif de la Vesdre et de la Fenêtre de Theux, et les terrains gréseux du Famennien. Annuellement, les prélèvements d'eau destinés à la distribution publique sont de l'ordre du demi-million de mètres cubes. Les pressions anthropiques, tant liées à l'urbanisation croissante qu'à l'agriculture, influencent la ressource en eau quantitativement et qualitativement.

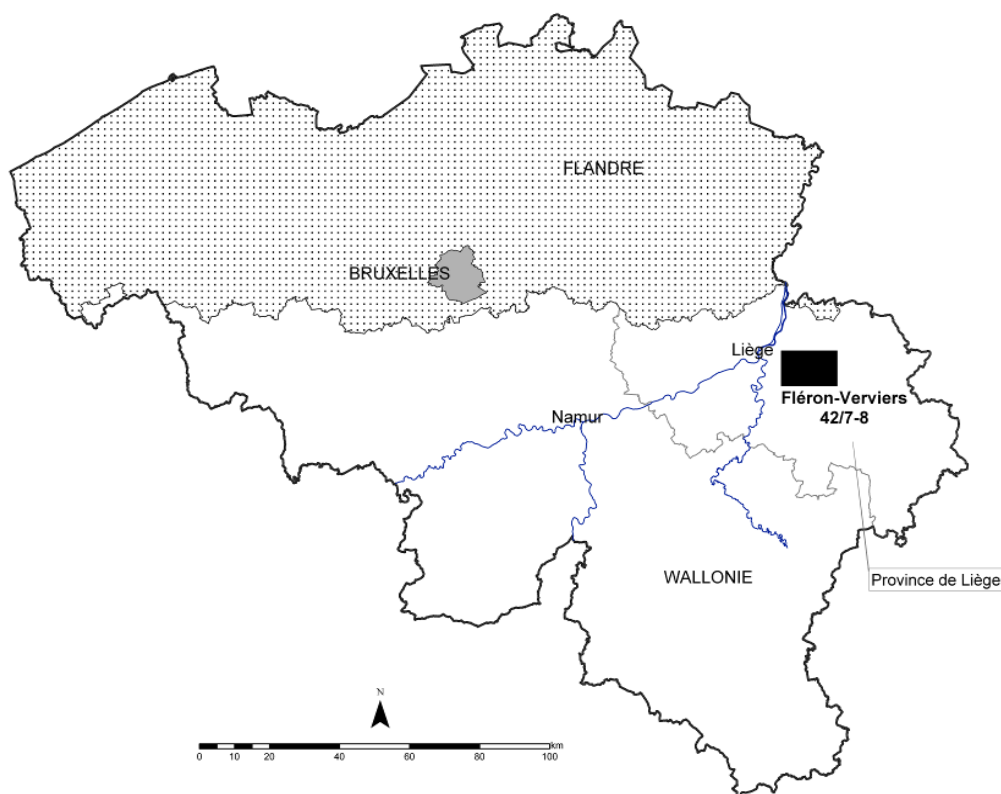


Figure I.1: Plan de situation

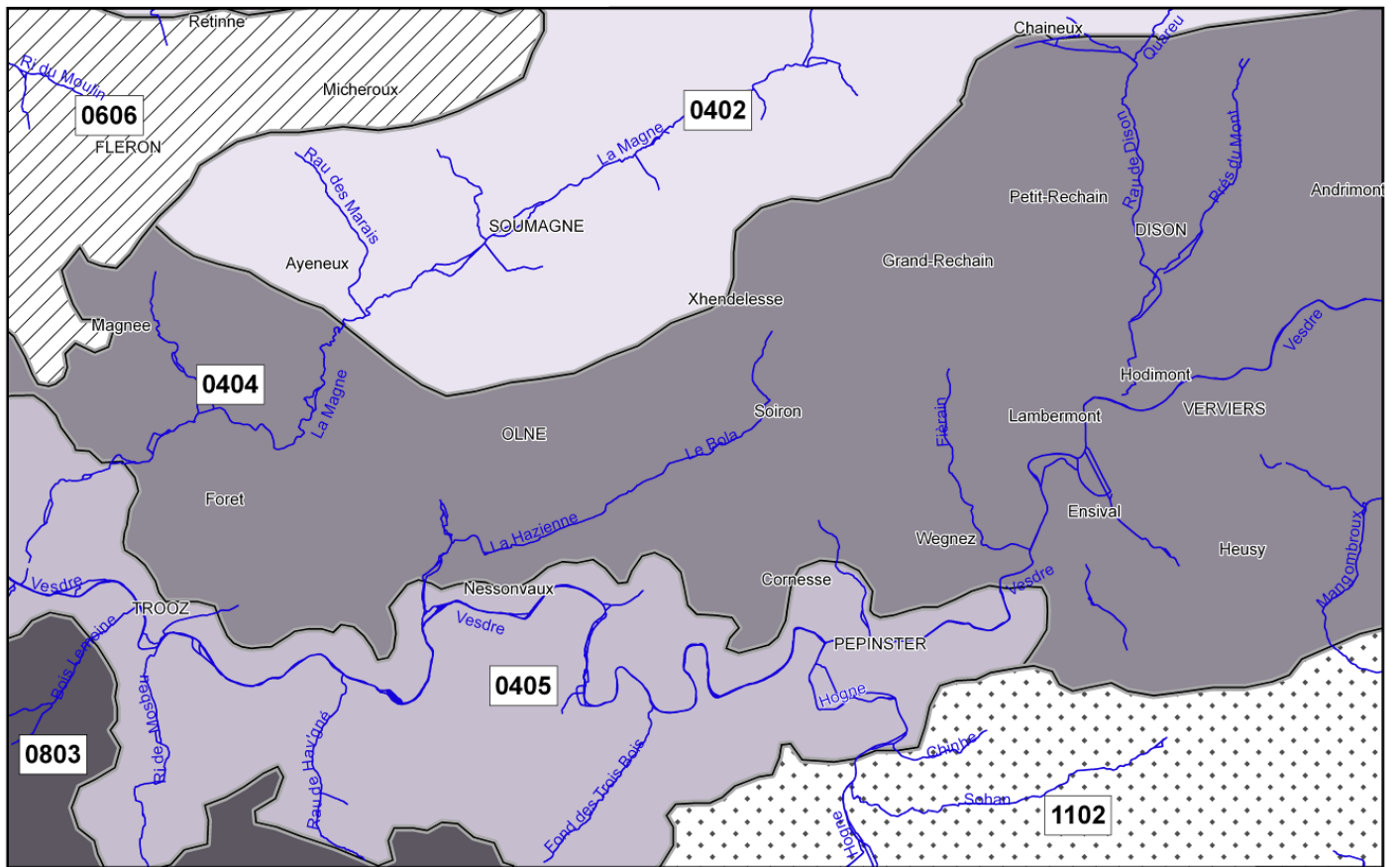
II. CADRES GEOGRAPHIQUE, HYDROGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET PEDOLOGIQUE

La zone de la carte de Fléron-Verviers est située à une dizaine de kilomètres à l'est de Liège, au centre de la Province de Liège (figure I.1). Les principales localités de la région sont Verviers, Fléron, Pepinster, Dison, Soumagne, Dison, Trooz. La région est soumise à une périurbanisation des pôles liégeois et verviétois importante, ainsi qu'à l'attrait très vif des transfrontaliers. Deux axes de communication importants traversent la carte. Au nord, il y a l'autoroute Liège-Aachen A3-E40. Depuis l'échangeur routier de Battice, l'autoroute E42 traverse la carte du nord au sud en passant par Verviers. Puis elle se dirige vers Saint-Vith et l'Allemagne.

Quatre ensembles paysagers² se distinguent sur la zone cartographiée (figure II.1): l'Ensemble mosan (06), les moyens plateaux condruziens (08), le haut plateau de l'Ardenne du nord-est (11) et l'Entre-Vesdre-et-Meuse (04) (Droeven *et al.*, 2004). Ce dernier ensemble occupe la majeure partie de la carte (environ 80 %) où il est découpé en trois territoires paysagers. L'ensemble paysager de l'Entre-Vesdre-et-Meuse correspond globalement à un moyen plateau disséqué par de nombreux cours d'eau. La spécificité paysagère du Pays de Herve est la présence de bocages³. L'habitat dispersé y est également caractéristique. Cependant, l'évolution de l'agriculture depuis 1950 met en péril ce paysage typique. L'agglomération verviétoise constitue le centre urbain et industriel de la région, au même titre que l'étendue de l'agglomération liégeoise dans le coin nord-ouest de la carte (Fléron). Le sud de la carte est occupé par la vallée de la Basse Vesdre. Dès les 16^e et 17^e siècles, cette vallée encaissée aux versants abrupts et au fond étroit est marquée par un développement économique et industriel important (industries métallurgiques, textiles, carrières...). Son paysage est caractérisé par des coteaux boisés (généralement des feuillus) ponctués d'escarpements rocheux et de versants plus doux, avec en certains endroits, un caractère très urbanisé. La zone sud-est de la carte Fléron-Verviers appartient au territoire paysager appelé la Dépression de la Hoëgne et de ses affluents, creusée par des vallées relativement profondes et évasées où alternent des prairies et des boisements (Cremasco *et al.*, 2007).

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).

³ *Bocage*: paysage d'enclos caractérisé par un habitat dispersé combiné à une organisation individuelle de fermes entourées de leurs terrains d'exploitation, souvent enclos de rideaux d'arbres, combinant majoritairement herbages et élevage (Cremasco *et al.*, 2007).



- | | |
|--|---|
| 0402, Moyen plateau du Pays de Herve | 0606, Agglomération urbaine et industrielle liégeoise |
| 0404, Vallonnements de la Vesdre et de ses affluents | 0803, Moyen plateau de Sprimont |
| 0405, Vallée de la Basse Vesdre | 1102, Dépression de la Hogue et de ses affluents |

Source: Droeven et al., 2004

Figure II.1: Territoires paysagers - Fléron-Verviers

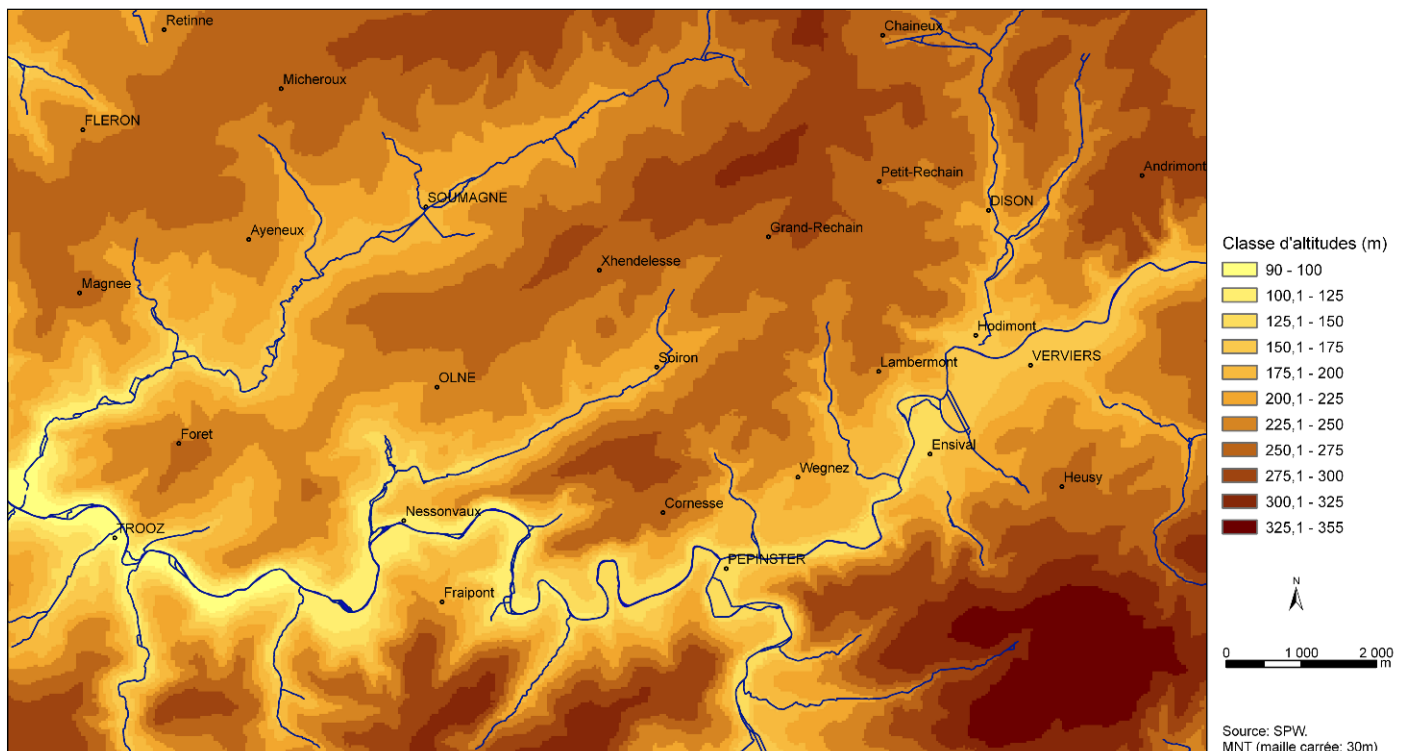


Figure II.2: Carte du relief - Fléron-Verviers

Le relief de la région est très marqué par la structure géologique générale, orientée approximativement NE-SW. Les altitudes sont comprises entre 90 m, dans la plaine alluviale de la Vesdre à Prayon (en aval de Trooz), et 355 m au SE de la carte, au lieu-dit de la Croix de Fays (figure II.2).

La carte appartient au bassin hydrographique de la Meuse. Le bassin de la Vesdre, affluent de l'Ourthe, occupe presque la totalité de la superficie de la carte étudiée (figure II.3). Dans la partie septentrionale de la carte, deux autres bassins-versants sont distingués: le bassin de la Berwinne et un petit sous-bassin direct de la Meuse. Le cours de la Vesdre est façonné par la géologie. La forme et l'amplitude de ses méandres sont en lien direct avec les différences de résistance des terrains traversés et l'orientation de la schistosité des roches rencontrées. Sur cette carte, les principaux affluents de la Vesdre sont le Bola et la Magne (en rive droite) et la Hoëgne (en rive gauche).

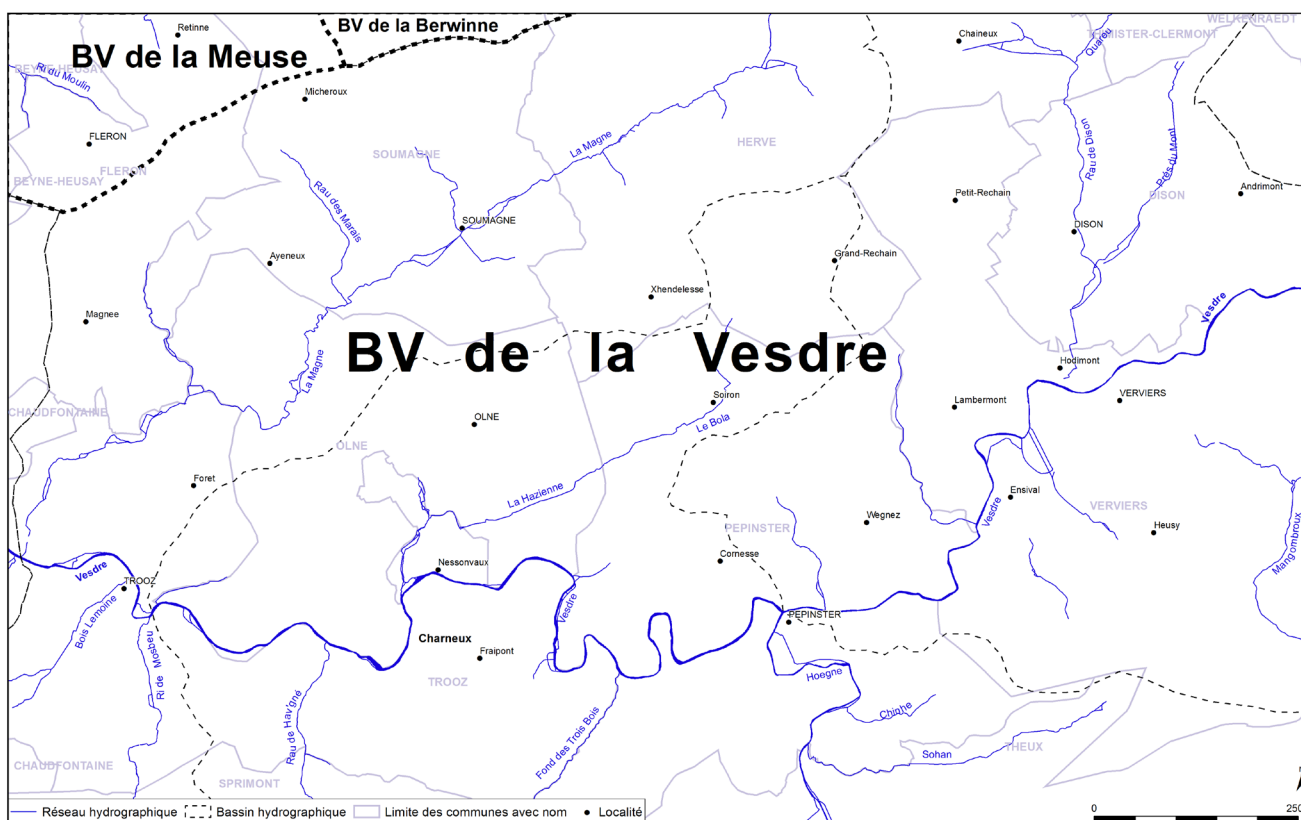


Figure II.3: Réseau hydrographique et bassins versants - Fléron-Verviers

Les figures II.5 et II.4 présentent, respectivement, la carte d'occupation du sol de la région de Fléron-Verviers et la répartition selon les 6 classes du niveau 1. Ces données sont extraites de la carte numérique de l'occupation du sol wallon⁴. On constate que les surfaces agricoles occupent la majeure partie de la carte. La répartition de l'affectation à l'intérieur de cette catégorie est reprise au tableau II.1. Le paysage est largement dominé par les prairies. Les zones boisées s'observent essentiellement dans la vallée de la Vesdre, sur ses versants abrupts. Les territoires artificialisés comportent principalement les zones résidentielles et les espaces d'activité économique. On note l'importance des grandes agglomérations urbaines que sont Verviers et Liège dont l'aire d'influence s'étend jusque Fléron. On remarque aussi une urbanisation linéaire le long des voiries. La classe 'Non cadastré' est composée à de plus de 70 % de voiries et espaces associés. Le tracé des autoroutes et des routes importantes se distinguent aisément sur la carte.

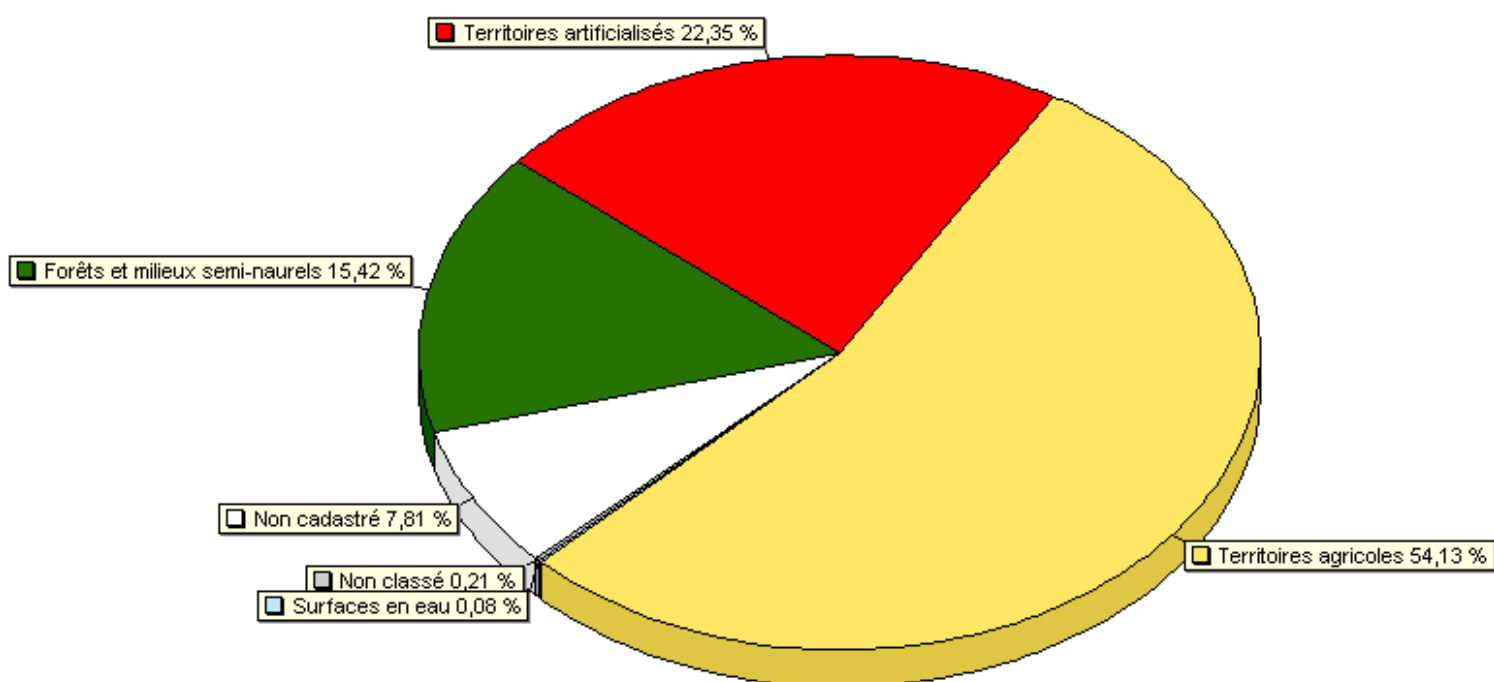
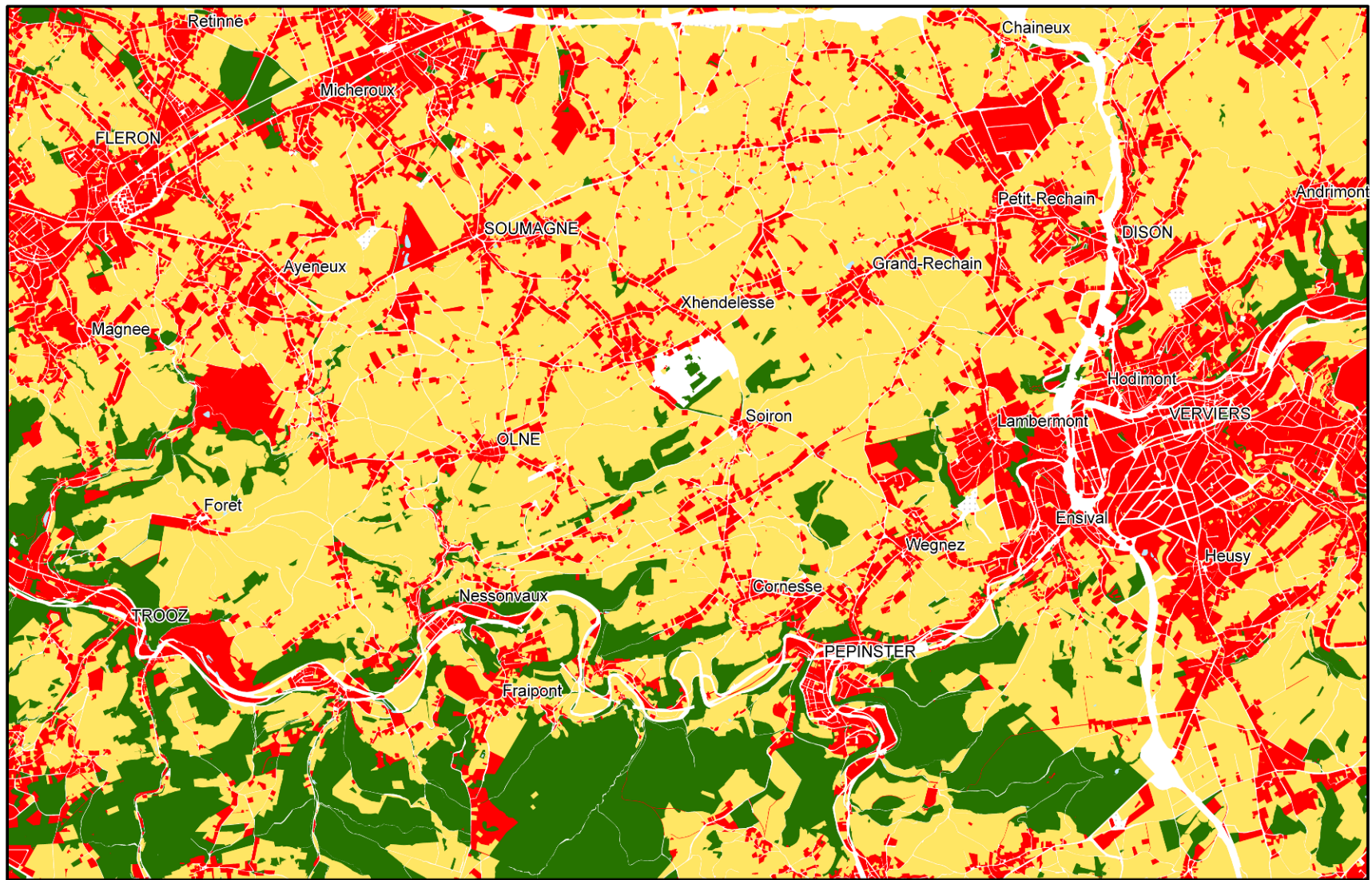


Figure II.4: Répartition de l'occupation du sol - Niveau 1 - Fléron-Verviers

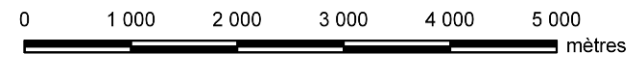
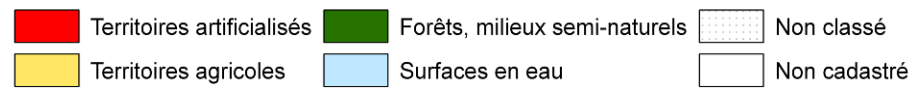
Tableau II.1: Répartition détaillée de l'occupation du sol - Territoires agricoles

Surfaces enherbées (essentiellement des prairies permanentes)	87,5 %
Terres arables (essentiellement des cultures sarclées)	7,5 %
Cultures permanentes (essentiellement des vergers hautes tiges)	5 %

⁴ La Carte de l'Occupation du Sol en Wallonie (COSW) est dressée au 1/10 000. Elle est basée sur les données cartographiques vectorielles à 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>

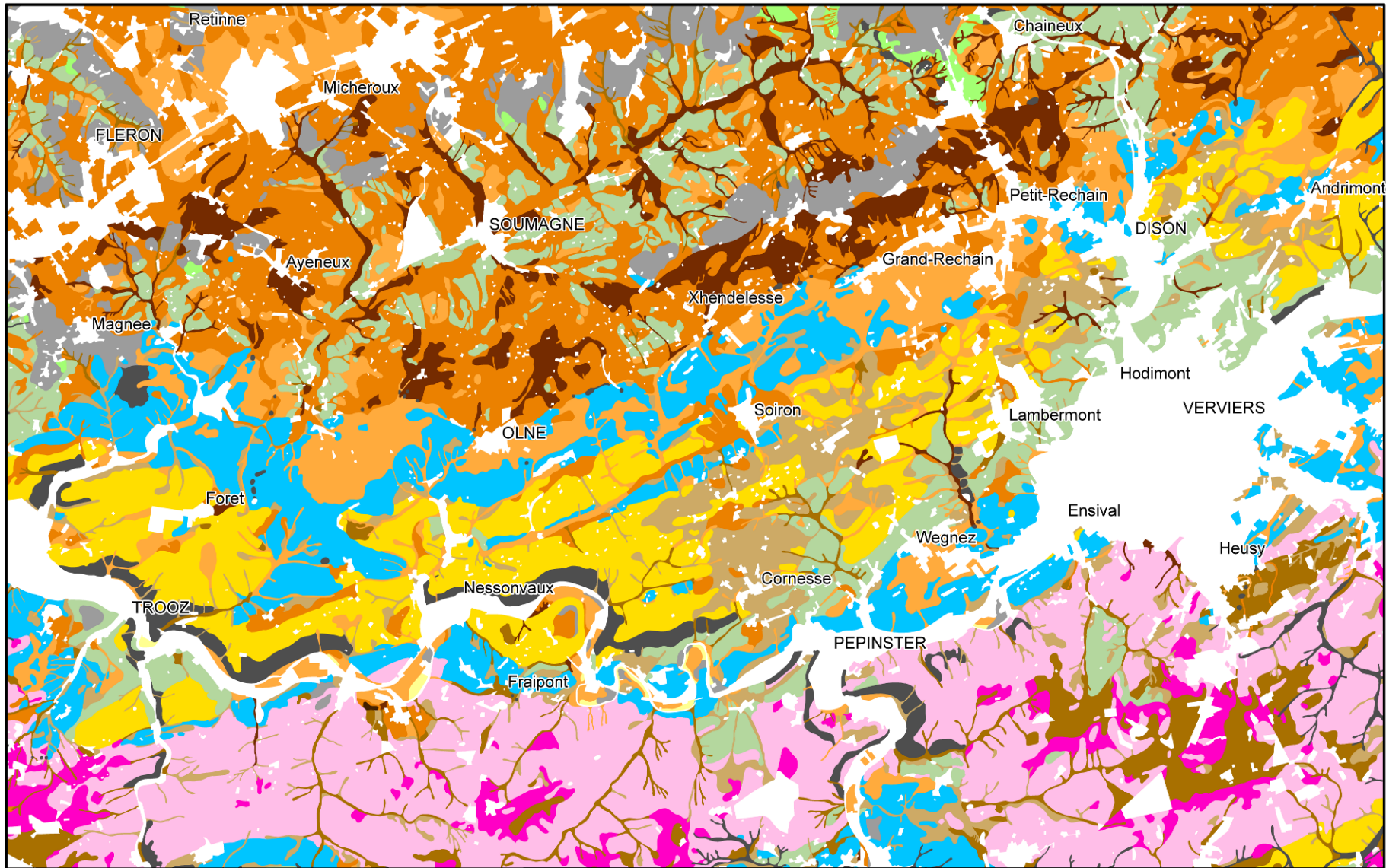


Carte d'occupation du sol de Wallonie (COSW) - Niveau 1



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

Figure II.5: Carte de l'occupation du sol - Fléron-Verviers



La légende est reprise sur la page suivante



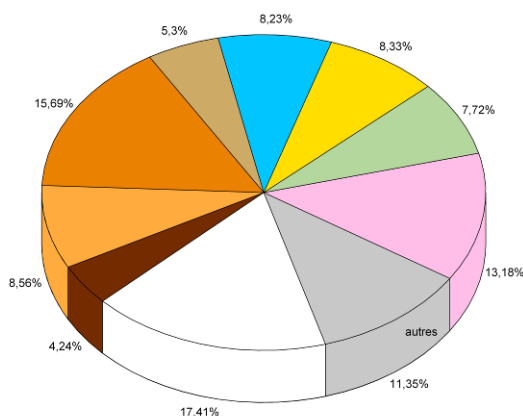
Source : PCNOSW (GW VIII/2005/doc.1022/28.04/B.L.)(DGA, SPW), couverture: Wallonie

Figure II.6: Carte des types de sol - Fléron-Verviers

- 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
- *Sols argileux à drainage naturel favorable à imparfait
- *Sols sableux ou limono-sableux à drainage naturel excessif ou légèrement excessif
- *Sols tourbeux ou tourbières
- Regroupement de complexes de sols de textures différentes ou sur fortes pentes et de sols de fonds de vallons limoneux ou rocailloux
- Sols artificiels ou non cartographiés

* ces classes, dont la superficie est inférieure à 4% de la surface totale de la carte, sont regroupées en une seule catégorie sur le diagramme circulaire ci-dessous.
Catégorie: autres

Figure II.7: Légende de la carte des types de sol - Fléron-Verviers



La répartition des différents types de sol de la carte Fléron-Verviers est présentée aux figures II.6, II.7 et II.8. La carte des sols reflète assez bien la complexité de la géologie de la région étudiée. Les grandes structures géomorphologiques s'y lisent aisément: du nord au sud, Pays de Herve, Vallée de la Vesdre, Contreforts de l'Ardenne liégeoise (bandes à peu près parallèles d'orientation WSW-ENE). Les sols les plus représentés sont les sols limono-caillouteux.

Figure II.8: Répartition des types de sols

La nature de leur charge caillouteuse est directement liée à la roche-mère. Ainsi, les sols à charge calcaire se retrouvent systématiquement au droit des formations carbonatées tant du Carbonifère que du Dévonien. Un autre paramètre qualifiant un sol est l'état du drainage naturel, également lié à la lithologie sous-jacente. Sur les terrains mésozoïques, les sols présentent en général un drainage naturel favorable. Ils sont aussi souvent caractérisés par leur charge de silexite⁴ à mettre en liaison avec le conglomérat à silex (résidu de dissolution des terrains crayeux du Crétacé, noté Sx sur la carte géologique). La catégorie 'sols artificiels ou non cartographiés' occupe presque un cinquième du territoire cartographié. Cette classe comprend principalement les zones bâties, le réseau hydrographique, les infrastructures de transport.

⁴ Silexite: terme ambigu désignant à la fois des cherts, faisant corps avec la roche calcaire qui les contient (dans le Condroz notamment), sables, sables indurés, argile plastique, cailloux calcaires ou d'un mélange des charges citées (Légende de la Carte Numérique des Sols de Wallonie, 2007)

III. CADRE GEOLOGIQUE

III.1. CARTE 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 Para-autochtone brabançon au nord, par une faille importante et complexe, la Faille du Midi - Faille Eifélienne - Faille d'Aachen. 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 Synclinorium de Dinant et de Verviers, au nord (Meilliez & Mansy, 1990).

La carte Fléron-Verviers se situe dans le prolongement oriental du Synclinorium de Dinant (figure III.1). Les terrains paléozoïques ont été plissés et faillés par l'orogénèse varisque. Il s'agit d'une région géologiquement complexe, riche en affleurements et avec de nombreuses failles longitudinales de chevauchement qui permettent de subdiviser l'ensemble en unités tectoniques, et des failles transversales, postérieures. Les formations géologiques sont schématiquement organisées en bandes orientées SW-NE, plissées et faillées, depuis le Dévonien inférieur, discordant sur le Cambrien au SE, jusqu'au Westphalien exploité par les charbonnages au NW (Graulich *et al.*, 1984; Laloux *et al.*, 1997).

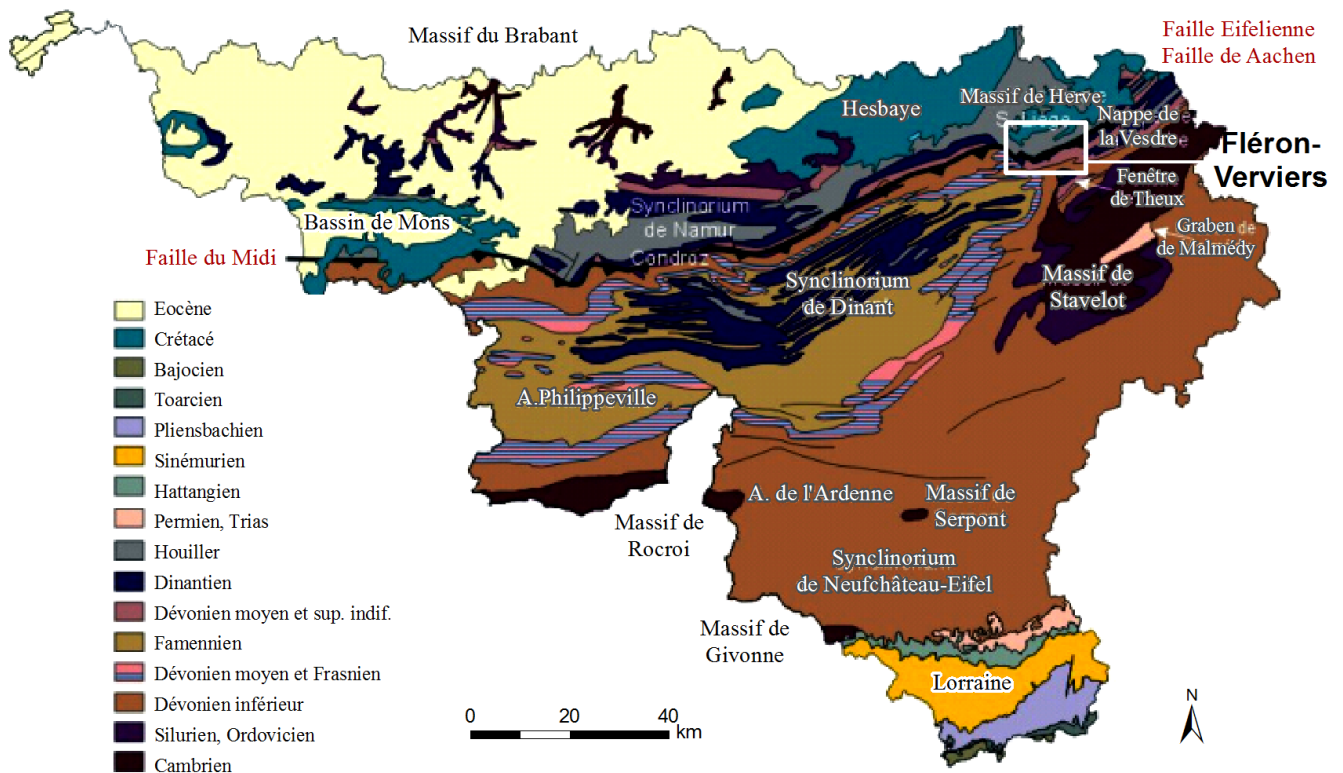


Figure III.1: Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2011; modifié)

III.2. CARTE GEOLOGIQUE DE LA CARTE

III.2.1. Cadre litho-stratigraphique

Les formations géologiques rencontrées sur la carte Fléron-Verviers sont constituées de roches datées du Dévonien inférieur au Crétacé, ce système reposant en discordance sur les terrains du Westphalien. Ces formations sont surmontées localement par des sables cénozoïques, par des alluvions (anciennes et modernes) et de façon générale par les limons quaternaires. Ces roches sont affectées par de nombreuses failles.

La description lithologique des formations fait référence à la carte géologique Fléron-Verviers au 1/25.000, dressée par M.Laloux, L.Dejonghe, P.Ghysel, L.Hance (1996). Cette carte géologique sert de fond à la carte hydrogéologique ; elle a été fournie sous format numérique par le Service Public de Wallonie. Diverses publications du Service Géologique de Belgique ont également été consultées: Bultynck *et al.*, 1991; Godefroid *et al.*, 1994; Boulvain *et al.*, 1999.

III.2.1.1. Formations du Paléozoïque

III.2.1.1.1 Dévonien

- Lochkovien (Dévonien inférieur)

Cet étage débute par la **Formation de Marteau (MAR)**, qui est discordante sur le soubassement calédonien. Elle est caractérisée essentiellement par des siltites et des grès fins, bordeaux et bigarrés qui alternent avec des grès argileux vert olive ou bigarrés. On y observe aussi de nombreux niveaux de nodules carbonatés. Sur cette carte, la base de cette formation est tronquée par la faille de Theux. Son épaisseur est très variable, entre 50 et 350 m.

Ensuite, vient la **Formation du Bois d'Ausse (BAU)** marquée à la base par des grès grossiers grisâtres grenus et souvent quartzitiques et plusieurs niveaux conglomératiques à cailloux de quartz. Les grès grenus kaolineux à galets de shale foncé sont particulièrement caractéristiques. Cette formation à dominante grés-quartzitique a une puissance de 120 à 250 m.

- Praguien (Dévonien inférieur)

Datée du Lochkovien supérieur au Praguien, la **Formation de Nonceveux (NON)** n'est présente qu'au sud de l'axe Pépinster-Fraipont (sud de la carte). Cette formation présente un caractère séquentiel prononcé. Une séquence type comporte deux termes lithologiques: arénacée à la base, pélitique au sommet. Le passage de l'un à l'autre est progressif. Des quartzites, en bancs métriques à plurimétriques, passent à des grès argileux puis à des siltites gris, bordeaux ou beiges. L'épaisseur maximale de cette formation est estimée à 120 m.

Comme la formation précédente, la **Formation de Solières (SOL)** n'affleure que dans la partie méridionale de la carte étudiée. On y observe une alternance de grès quartzitiques et de grès beiges, verdâtres et gris bleu avec des shales et des siltites de teinte grise. Son épaisseur est estimée à 200 m (maximum).

La **Formation d'Acoz (ACO)** est à large dominante de shales et siltites bordeaux dans lesquels on retrouve des barres métriques plus gréseuses, voire quartzitiques et souvent de teinte claire. Dans le Massif de la Vesdre, son épaisseur est très variable selon le niveau d'érosion atteint avant le dépôt du Conglomérat de Vicht. A Pépinster, elle est de l'ordre de 50 m. Elle affleure dans la région de Pépinster-Fraipont.

- Eifelien (Dévonien moyen)

Le sommet du Praguien et la base de l'Eifelien sont caractérisés par une importante lacune stratigraphique. Ainsi la **Formation de Vicht (VIC)** marque le retour de la sédimentation du Dévonien moyen. Elle est composée d'un conglomérat à éléments centi- à décimétriques de quartz et de quartzite avec localement des bancs lenticulaires de grès. Son épaisseur varie de quelques mètres à 21 m.

- Givetien (Dévonien moyen)

La coupe-type de la **Formation de Pépinster (PER)**, datée de l'Eifelien supérieur - Givetien, est localisée sur la carte étudiée, à Pépinster. Son épaisseur est de 95 à 97 m. De bas en haut, on a :

- 1,5 m de siltites vertes, bigarrées au sommet;
- 10 à 12 m de siltites rouges à nodules de carbonates et de barite, avec localement des grès fins très argileux, grisâtres à rouges;
- 24 m de grès verts qui englobent trois niveaux conglomératiques dans les 7,5 m de la base; le niveau supérieur est carbonaté et fossilifère (Membre d'Heusy);
- 60 m de shales et siltites et de grès fins, de teinte rougeâtre dominante. Vers le sommet, le faciès carbonaté fossilifère s'installe (annonçant la formation sus-jacente).

A l'ouest de Fraipont, une barre quartzitique décamétrique se développe dans la partie sommitale de la formation.

La Formation de Névremont (NEV) est composée de calcaires fins gris clair, laminaires à la base puis des calcaires organoclastiques. Une certaine dolomitisation affecte sa partie supérieure. La puissance de la formation est comprise entre 40 et 50 m.

Lui succède la **Formation de Roux (ROU)** dont l'épaisseur croît d'ouest en est. Sa base est marquée, sur une épaisseur de 4-5 m, par des grès micacés plus ou moins carbonatés, qui passent latéralement à des shales carbonatés entre Pépinster et Ensival. Ensuite, on a une unité calcaire épaisse d'environ 8 m. Le corps de la formation est composé de dolomie finement à grossièrement recristallisée et de calcaire dolomitisé (épaisseur: de 9 à 30 m).

- Frasnien (Dévonien supérieur)

Cet étage débute par un fin horizon argileux, la **Formation de Presles**. Elle est composée de calcaires argileux et de dolomies souvent imprégnés d'hématite oolithique. Vu sa trop faible épaisseur (2 m), elle est cartographiée avec la Formation de Lustin sus-jacente.

La **Formation de Lustin (LUS)** est essentiellement calcaire: calcaire crinoïdique, dolomie, calcaire massif, calcaire stratifié, calcaire fin. Dans la Nappe de la Vesdre, cette formation s'épaissit régulièrement d'ouest en est. Sur la carte Fléron-Verviers, l'épaisseur varie de 45-50 m à Prayon à 80 m vers l'est.

Ensuite, la **Formation d'Aisemont (AIS)** se distingue de la précédente par l'importance de la fraction terrigène argileuse. Deux niveaux calcaires biostromaux encadrent une unité schisteuse plus ou moins carbonatée. Son épaisseur est assez variable, entre 25 et 100 m.

La **Formation de Lambermont (LAM)** clôture cet étage. La coupe-type se situe sur la carte Fléron-Verviers dans la bretelle d'autoroute à Lambermont. On y observe de bas en haut:

- 8 m de shales vertes et gris à nodules calcaires
- 10 m de calcaires argileux, nodulaires et de shales nodulaires, rouges et verts, avec à la base un banc biostromal
- 9,8 m d'alternance de shales et de calcaires nodulaires verts avec un mince lit de grès fin, micacé
- 13,7 m de shales gris et nodules calcaires
- 9 m des shales verts, violacés et gris, avec la base de minces lits de calcaires gris, et au sommet de nombreux nodules calcaires. Ces shales sont couronnés par un niveau d'hématite oolithique

L'épaisseur de cette formation est d'environ une cinquantaine de mètres à Lambermont. Elle augmente vers l'est, de l'ordre de 100 m à Limbourg (carte Limbourg-Eupen).

- Famennien (Dévonien supérieur)

La **Formation d'Hodimont (HOD)** est composée de siltites micacées, gris verdâtres, en bancs décimétriques à pluridécimétriques, avec localement de nombreux nodules calcaires décimétriques et plusieurs niveaux d'hématite oolithique. Sa puissance varie de 50 à 110 m.

Dans le coin sud-est de la carte, cette formation est regroupée avec les deux formations sous-jacentes (Formation de Lambermont et d'Aisemont).

La **Formation d'Esneux (ESN)** est caractérisée par une succession rythmique, en bancs d'épaisseur relativement constante (pluricentimétriques à décimétriques), de grès fins plus ou moins argileux, peu micacés, gris olive, séparés par des joints argileux minces. Dans la région de Trooz, le sommet de la formation est marqué par un banc de grès quartzitiques pluridécimétriques. Son épaisseur est très variable, 25 m à l'ouest à 150 m maximum à l'est en considérant l'enveloppe du plissement.

La **Formation de Souverain-Pré (SVP)** marque un arrêt provisoire de la sédimentation terrigène du Famennien au profit d'un épisode carbonaté. Elle est constituée de grès fins ou de siltites argileuses où s'intercalent des nodules pluricentimétriques de calcaire fin, crinoïdique, gris bleuté. Son épaisseur maximale est d'une centaine de mètres.

Les **Formations de Montfort-Evieux (ME)** sont cartographiées ensemble sur la carte Fléron-Verviers. Il s'agit d'un ensemble détritico-terrigen, formé d'une alternance de grès micacés et feldspathiques, de grès carbonatés, de shales et de siltites. On note la présence de nodules carbonatés et dans la partie supérieure une prédominance des phases argileuses et carbonatées. L'épaisseur est estimée à environ 350 m.

La **Formation de Dolhain (DOL)** clôture cet étage par une alternance d'épisodes carbonatés ou biostromes et, de shales et siltites micacés avec de fines lamines gréseuses. Son épaisseur est comprise entre 30 et 40 m.

III.2.1.1.2 Carbonifère

La sédimentation carbonatée du Carbonifère commence avec le Tournaisien, ensuite lui succèdent les formations du Viséen, du Namurien et du Westphalien.

- Tournaisien

Le **Groupe de Bilstain (BIL)**, composé de plusieurs formations, s'étend de l'Hastarien à l'Ivorien. Son épaisseur maximum est d'environ 175 m. Les trois premières formations, trop peu épaisses, ont été regroupées avec la Formation des Dolomies de la Vesdre par les auteurs de la carte géologique.

Formation d'Hastière (HAS) : calcaires moyens à grossiers, calcaires plus argileux au sommet (épaisseur : ± 7 m);

Formation de Pont d'Arcole (PDA) : shales, calcschistes avec des nodules calcaires, au sommet bancs de calcaires (épaisseur : ± 7 m);

Formation de Landelies (LAN) : calcaires crinoïdiques, argileux puis dolomités au sommet (épaisseur : 4 à 10 m);

Formation des Dolomies de la Vesdre (VES) : dolomies et calcaires dolomités avec plusieurs niveaux de cherts, de nodules siliceux, de nodules de calcite, dolomite et quartz (épaisseur : 150 m maximum).

Ces formations sont généralement dolomitisées, excepté les schistes.

- Viséen

Le **Groupe du Bay-Bonnet (BBN)** appartient à l'étage Moliniacien et englobe plusieurs formations, trop minces ou difficilement distinguables pour être cartographiées séparément :

Formation de la Brèche de la Belle-Roche (BBR): brèche sédimentaire calcaire, conglomérat à la base (épaisseur très variable, entre 20 et 30 m);

Formation de Terwagne (TER) : calcaires fins à grossiers en bancs minces à très épais. Son épaisseur est comprise entre 20 et 30 m;

Formation de Moha (MOH) : calcaires moyens à grossiers, généralement oolithiques et bioclastiques (épaisseur : de 30 à 40 m).

Le **Groupe de Jusleville (JUS)**, d'âge Livien-Warnantien, rassemble plusieurs formations. Ici, aussi, ces formations ont été cartographiées en un seul ensemble par les auteurs de la carte géologique.

Formation de Lives (LIV) : calcaires, gris sombre, avec nombreux joints argileux et nodules de cherts, niveau conglomératique de blocs de calcaires dans une matrice argileuse ocre orange (épaisseur entre 75 et 90 m). La formation comprend trois membres: le Membre de Haut-le-Wastia, le Membre de Corphalie, le Membre des Awirs.

Formation de Seilles (SEI) : calcaires avec des niveaux à oïdes, calcarénites, localement brèches calcaires. A la base, bancs massifs de calcaires. Epaisseur : entre 80 et 90 m.

Formation de Thon-Samson: calcarénite crinoïdique en bancs pluridécimétriques à décimétriques (épaisseur: ± 8 m). Elle n'est visible que dans la carrière du Bay-Bonnet. Elle est cartographiée avec la Formation de Seilles.

Formation de Ronde-Haie (ROH): calcaires noirs, crinoïdiques et rubanés. Ils ne sont pas visibles sur la carte Fléron-Verviers mais devraient être présents dans le coin sud-ouest de la Fenêtre de Theux (épaisseur inconnue).

- Namurien-Westphalien

Le **Groupe du Houiller (HOU)** est composé d'une succession de shales et de siltites avec des intercalations de lits de grès, de quartzites et de niveaux conglomératiques. Localement, on observe des concrétions lenticulaires de carbonates de fer. De nombreuses couches de houille ont été jadis exploitées. Sur la carte Fléron-Verviers, la dernière concession minière a fermé ses portes en 1974. L'épaisseur du Houiller dans la région est estimée à plus de 1300 m. Ces terrains occupent une bonne partie de la moitié nord de la carte.

Au sommet du socle paléozoïque, se trouve généralement une couche d'épaisseur variable (5 à 30 m), formée d'argiles compactes de couleurs variables selon la lithologie du socle sous-jacent. Cette argile est un produit de l'altération développé sur une ancienne pénéplaine établie durant la période pré-santonienne et post-hercynienne.

III.2.1.2. Formations du Mésozoïque

Les terrains tabulaires du Mésozoïque reposent en discordance sur les terrains du Paléozoïque. Ils présentent un pendage NNW de quelques degrés. Un seul système est représenté, le Crétacé. Les dépôts du Trias et du Jurassique érodés ou non sédimentés localement constituent un important hiatus stratigraphique.

III.2.1.2.1 Crétacé

La **Formation d'Aachen (AAC)** est formée d'un complexe arénacé avec des variations de faciès rapides (silts, sables argileux ou à minces lits d'argile, sables fins à débris de végétaux et concrétions manganésifères, tourbes et argiles violettes à végétaux). Son sommet est caractérisé par une argile gris vert. Cette formation se présente sous forme d'un biseau pointant vers l'ouest avec une épaisseur de 10 à 20 m maximum au nord. La limite occidentale des sables d'Aachen se situe aux alentours du méridien de Chaineux (252-253 km-Lambert).

La **Formation de Vaals (VAA)** est caractérisée par des argiles carbonatées ou marnes, gris bleu à gris verdâtre, à glauconie, avec localement la présence de nodules indurés. Sa base est parfois marquée par un mince lit graveleux, par une argile glauconifère décalcifiée ou par un niveau de sables verts. Son épaisseur maximale est d'une trentaine de mètres.

La **Formation de Gulpen (GUL)** débute par un niveau métrique de craie très glauconifère, surmonté de craie blanche avec quelques petits silex noirs dans sa partie supérieure. Le sommet de la craie est intensément karstifié. Son épaisseur est très variable (fonction du degré d'altération et de karstification), elle est d'environ 15 m dans la région étudiée.

Cette formation est surmontée par une argile rousse à silex, résidu de dissolution (conglomérat à silex Sx), avec une épaisseur de quelques mètres à une dizaine de mètres, elle diminue du nord vers le sud. Ces dépôts n'ont pas été cartographiés sur la carte étudiée.

III.2.1.3. Formations du Cénozoïque

III.2.1.3.1 Paléogène

Sur la planche Fléron-Verviers, l'Oligocène (série du Paléogène) est composé par les **dépôts sableux (SBL)** qui sont constitués de sables et d'argiles de couleurs et de natures variées. Ils comblent généralement les nombreuses dépressions situées sur le substratum calcaire.

III.2.1.3.2 Néogène

Les **alluvions anciennes (ALA)**, lambeaux alluvionnaires anciens, sont composées de graviers, de limons à galets et de sables. Quelques terrasses fluviatiles ont été repérées dans les vallées de la Vesdre et de la Hoëgne. Il n'est pas toujours aisé de distinguer ces dépôts anciens des alluvions modernes.

III.2.1.3.3 Quaternaire

Les **alluvions modernes (AMO)** sont constituées de limons argileux, de silts, de sables et de graviers. Elles occupent le fond des vallées, leur épaisseur est assez faible (2 à 5 m). Les formations quaternaires sont aussi représentées par le **loess** (limon 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.

III.2.2. Cadre structural

La région de Fléron-Verviers est caractérisée par un style structural particulièrement complexe, source de nombreuses controverses dont les principaux éléments et l'historique ont été détaillés par Laloux *et al.* (1996; 1997), Hance *et al.* (1999). Ces considérations sortent du cadre de ce travail et le lecteur est invité à consulter ces références pour plus de détails.

Les terrains paléozoïques présentent, en règle générale, des plis ouverts à aigus, dissymétriques, déjetés à déversés vers le NW ou le N-NW et, souvent faiblement ennoyés vers le SW ou le NE.

L'ensemble de la carte peut être subdivisé en trois grandes unités structurales limitées par des grandes failles de chevauchement longitudinales, elles-mêmes subdivisées en plusieurs sous-unités. Diverses fenêtres tectoniques leur sont liées, dont la Fenêtre de Theux. L'interprétation cartographique est contrainte par la présence de plusieurs grands forages profonds. Cet ensemble est découpé par un réseau de fractures transversales orientées NNW – SSE, postérieur (figure III.2).

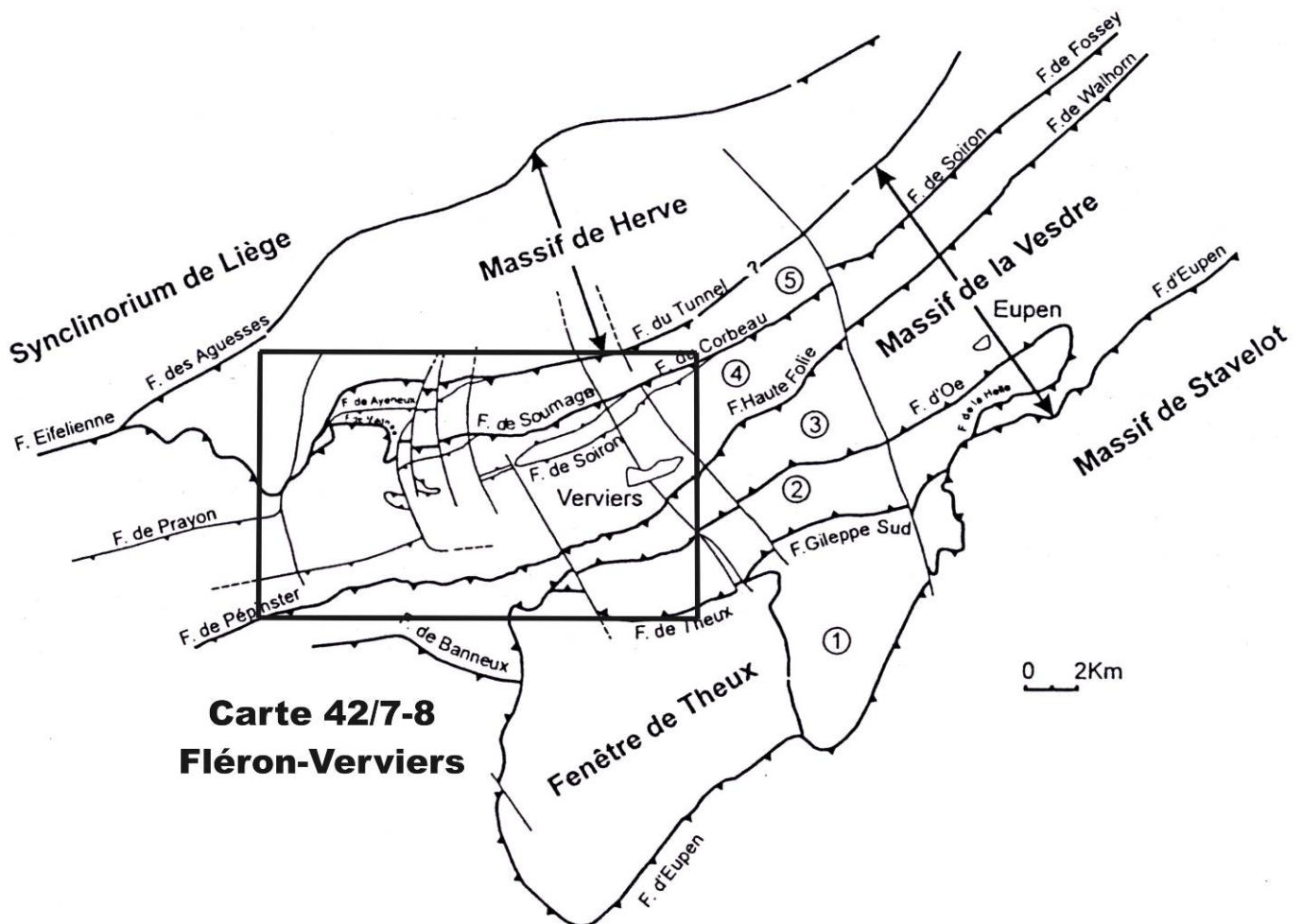


Figure III.2: Carte structurale schématique de l'Est de la Belgique avec indication des unités structurales de la Nappe de la Vesdre: 1. Unité de Jalhay; 2. Unité de la Gileppe; 3. Unité de Goé; 4. Unité de Forêt-Andrimont; 5. Unité du Tunnel (Laloux *et al.*, 1997)

Les trois grandes unités structurales sont, du nord au sud (figures III.2 & III.3):

- le Massif de Herve, limité au nord par la Faille des Aguesses-Asse,
- la Nappe de la Vesdre (Massif de la Vesdre anct.), limitée au nord par la Faille du Tunnel (Laloux *et al.*, 1996; Hance *et al.*, 1999),
- la Fenêtre de Theux, circonscrite par la Faille de Theux.

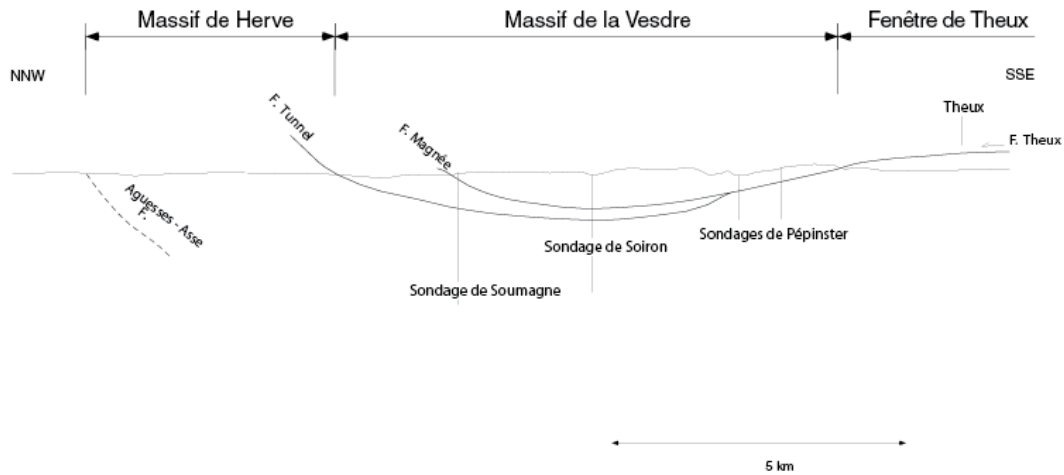


Figure III.3: Structure simplifiée du "Synclinorium de Verviers" (Laloux *et al.*, 1996)

Le *Massif de Herve*, situé au nord de la Faille du Tunnel, est caractérisé par des couches à faible pendage S-SE définissant le flanc normal d'un grand pli synclinal structuré en une série d'écaillés imbriquées. Il se prolonge en-dessous du Massif de la Vesdre et réapparaît dans la Fenêtre de Theux (Laloux *et al.*, 1997).

La *Nappe de la Vesdre* (Massif de la Vesdre anct.), qui occupe presque l'entièreté de la carte étudiée, est limitée au sud par la Faille de Theux et au nord par la Faille du Tunnel qui sont les extrémités d'une grande faille de charriage qui peut être assimilée à l'équivalent latéral des failles dénommées par ailleurs, du Midi – Eifelienne – Aachen (Laloux *et al.*, 1996; Laloux *et al.*, 1997; Hance *et al.*, 1999). Cette unité est subdivisée en cinq sous-unités, limitées par des failles de chevauchement majeures (figure III.3):

- l'Unité de Jalhay (unité 1) n'affleure pas sur la carte
- l'Unité de la Gilleppe (unité 2): sur la carte étudiée, cette unité est limitée au sud par la Faille de Theux et au nord par la Faille d'Oe (ou El Fagne) à pente nord;
- l'Unité de Goé (unité 3): cette unité est limitée à sa base par un chevauchement dont la trace au sud correspond à la faille d'Oe et, au nord par une faille à pente sud nommée, suivant les tronçons, Walhorn, Renoupré, Haute-Folie et Pépinster;

- l'Unité de Forêt-Andrimont (unité 4): cette unité est encadrée, au sud, par la Faille de Walhorn-Pépinster et, au nord, par une faille à pente sud nommée, suivant les tronçons, Magnée, Soumagne, Corbeau, Soiron. C'est dans cette unité qu'apparaissent les fenêtres tectoniques de Soiron et d' Olne dues à des ondulations des failles qui les limitent.
- l'Unité du Tunnel (unité 5): unité frontale du Massif de la Vesdre, elle est comprise entre la Faille de Magnée-Soumagne-Corbeau-Soiron et la faille du Tunnel au nord.

La *Fenêtre de Theux*, dont seule l'extrémité septentrionale affleure sur la carte Fléron-Verviers, est une fenêtre tectonique ouverte par l'érosion dans la nappe de charriage de la Vesdre. Elle est circonscrite par la Faille de Theux. Cette fenêtre montre un ensemble dévono-carbonifère aux couches retournées, dessinant un antiforme synclinal à cœur houiller complexe bien visible de part et d'autre de la Hoëgne au lieu-dit Forges-Thiry, au sud de Pepinster (Laloux *et al.*, 1996).

A côté de ces failles de chevauchement longitudinales, subparallèles au plissement, il existe un autre type de failles dans la région de Fléron-Verviers. Ces autres failles constituent un réseau de failles transversales, plus tardives, orientées approximativement NNW-SSE, parallèles à la direction des diaclases principales relevées dans toutes les formations. Dans le gisement charbonnier, ces failles adoptent une direction N-S à NNE-SSW. Toutes ces failles décalent les plis, les failles longitudinales et les formations crétacées et superficielles. Elles sont liées au système d'effondrement du graben du Rhin-Roermond (régime de distension). Elles découpent l'ensemble des structures en une succession de horsts et de grabens.

Les failles cartographiées représentent très mal leur densité réelle. Des études détaillées montrent qu'elles sont très nombreuses bien que leur faible rejet ne permette pas leur représentation cartographique. Il est également important de noter qu'une ligne de faille figurée sur la carte peut être en réalité, non pas une cassure unique, mais une zone failleuse (Laloux *et al.*, 1996).

Un certain nombre de ces fractures transversales sont responsables de phénomènes de dolomitisation intense des couches calcaires sur leurs épontes.

Ces plis, failles, diaclases jouent un rôle important dans l'hydrogéologie régionale puisqu'ils correspondent souvent à des zones d'écoulement préférentiel des eaux souterraines.

III.2.3. Gisements métallifères Plomb-Zinc

En Belgique, trois districts métallogéniques à plomb-zinc sont reconnus: le Synclinorium de Namur et le Synclinorium de Verviers, le Synclinorium de Dinant, le Synclinorium de l'Eifel (district de l'Ardenne).

Les ressources minérales plombo-zincifères les plus importantes et par le fait, les plus exploitées sont celles localisées approximativement au nord le long de la Meuse et dans le massif de la Vesdre, depuis Namur jusqu'à la frontière allemande. Les autres zones sont moins riches et les gisements sont moins bien conservés (érosion intense).

Pour les gisements métallifères du "Synclinorium de Verviers", cette minéralisation Pb-Zn s'est développée, principalement, dans les failles transversales. Ces filons sont surmontés d'une ou plusieurs poches de minerais et se coincent rapidement en profondeur. Ces poches sont formées à la faveur de contacts stratigraphiques et/ou tectoniques. Tantôt ces contacts seront entre les calcaires carbonifères et les schistes du Houiller, ou parfois les grès du Famennien, tantôt il s'agit de contacts calcaire-dolomie.

Les premières traces d'exploitation de ces ressources minérales datent de l'époque romaine, mais l'apogée de l'exploitation a eu lieu au cours du 19^{ième} siècle. Les mines du Groupe de la Vesdre sont nettement moins importantes que celles du centre minier de Moresnet-Bleyberg (carte Henri-Chapelle - Raeren, Petergensfeld-Lammerdorf, Gemmenich-Botzelaar, au nord-est de la carte étudiée). La plupart des mines de la Vesdre sont inactives depuis 1871 (Dewez *et al.*, 1947). Les minerais extraits de ces mines étaient principalement la calamine ($ZnCO_3$), la sphalérite ou blende (ZnS), la galène (PbS) et la pyrite ou marcassite (FeS_2).

Peu de gisements réellement importants sont sur le territoire de la carte Fléron-Verviers. On peut néanmoins citer celui de Rocheux-Oneux (Juslenville). Quelques puits d'exploitation ou petites exploitations sont également recensés (Stembert, Dison, Olne).

Les eaux souterraines issues des formations du Paléozoïque se chargent, au contact de ces filons, en zinc, plomb et fer et peuvent nécessiter, dans certains cas, des traitements adéquats.

Pour plus d'informations sur les gisements métallifères : Dejonghe & Jans (1983), Dejonghe *et al.* (1993), Dewez *et al.* (1947), ainsi que la notice explicative de la carte géologique de Fléron-Verviers (Laloux *et al.*, 1996).

IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE

Géologiquement complexe, la carte Fléron-Verviers 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. Au nord, les formations du Mésozoïque renferment des nappes dans les horizons sableux et crayeux. Ensuite en descendant vers le sud et la Vesdre, on rencontre les calcaires carbonifères et les grès famenniens, sièges d'aquifères non négligeables. Les terrains du Dévonien présentent, dans cette zone, des potentialités aquifères moins intéressantes, malgré la présence de calcaires frasniens et givetiens.

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 imperméable 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 probable qu'une même formation soit définie en terme d'aquifère sur une carte et en termes d'aquitard sur une autre carte (raisonnement par carte).

IV.1. DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES

Au sein des roches cohérentes, la fissuration et l'altération peuvent modifier leur perméabilité. 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 un carbonate: l'altération entraîne une dissolution de la roche et un agrandissement du réseau de fractures existant. La perméabilité 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 perméabilité est donc augmentée.

- la roche est un shale/schiste: l'altération donne une argile qui colmate le réseau de fractures. La perméabilité est diminuée.

Les unités hydrogéologiques définies sur la carte Fléron-Verviers sont décrites ci-dessous dans l'ordre stratigraphique. Elles sont reprises de manière synthétique en fin de chapitre (tableau IV.1).

IV.1.1. Unités hydrogéologiques du Dévonien

IV.1.1.1. Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur

Cette unité hydrogéologique est représentée, sur la carte étudiée, par la Formation du Bois d'Ausse, 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 qu'aquifère à niveaux aquicludes.

IV.1.1.2. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Cette unité hydrogéologique, regroupant les Formations d'Acoz, de Solières et de Nonceveux ainsi que la Formation de Marteau, est caractérisée par des quartzites, généralement micacés, parfois psammitiques au sein de shales gréseux et siltites. Ces niveaux quartzitiques, fissurés et fracturés, présentent des potentialités aquifères intéressantes à l'échelle locale, justifiant son appellation en termes d'aquitard à niveaux aquifères.

IV.1.1.3. Aquitard de l'Eifelien

Sont reprises sous l'appellation "Aquitard de l'Eifelien" les Formations de Vicht et de Pépinster, bien que cette dernière soit également datée du Givetien. Leur lithologie est dominée par les shales et siltites avec des niveaux conglomératiques et des bancs de grès. Les perméabilités au sein de cet ensemble peuvent varier fortement d'un niveau à l'autre. Globalement cela justifie leur classification en termes d'aquitard.

IV.1.1.4. Aquifères des calcaires du Frasnien et du Givetien

Les formations carbonatées du Dévonien présentent des potentialités aquifères intéressantes, étant donné une conductivité hydraulique et une porosité de fissures élevées, liées à la fracturation intense et à la karstification. L'aquifère des calcaires du Frasnien est représenté par la Formation de Lustin. L'aquifère des calcaires du Givetien est composé des Formations de Névremont et de Roux. Ces deux unités hydrogéologiques sont séparées par un mince aquitard (calcaire argileux de la Formation de Presles). Ce niveau moins perméable n'a pu être cartographié vu sa faible épaisseur (2 m). Les roches carbonatées du Givetien forment un important système aquifère où la circulation des eaux souterraines peut être localement réduite en présence des passées plus schisteuses dans la Formation de Roux.

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.1.1.5. Aquitard du Famennien-Frasnien

Les Formations de Souverain-Pré et d'Esneux (Famennien) constituent un niveau aquitard. Ces formations alternant les grès et grès micacés avec des horizons schisteux et schisto-gréseux peuvent présenter des potentialités intéressantes mais locales, lorsque le degré d'altération et de fissuration le permet. La Formation de Souverain-Pré comprend de nombreux nodules calcaires. Ce niveau carbonaté parmi la série de terrains silto-gréseux du Famennien supérieur est souvent marqué par une ligne de sources et des zones plus marécageuses.

Les Formations d'Aisemont et de Lambermont (Frasnien) et la Formation d'Hodimont (Famennien) sont également caractérisées en tant qu'aquitard vu leur lithologie (siltites, grès argileux, calcschistes). Au sommet de la Formation d'Aisemont et dans celle de Lambermont, des niveaux plus carbonatés sont observés, pouvant présenter localement quelques potentialités aquifères.

Ces formations géologiques en continuité géographique ont été regroupées en une seule unité hydrogéologique sur la carte étudiée.

IV.1.1.6. Aquifère des grès du Famennien

Le regroupement Montfort-Evieux, formé principalement de grès micacés et de grès quartzitiques, peut 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 et un pouvoir de filtration efficace assurant une eau de bonne qualité.

La Formation de Dolhain, bien que caractérisée par des épisodes carbonatés et par des intercalations de shales et siltites, est intégrée à cette unité hydrogéologique. Les calcaires gréseux et les grès carbonatés, caractérisés par une matrice calcaire, vont influencer sur la minéralisation des eaux issues de cette nappe (augmentation de la conductivité électrique et de la dureté, pH plus basique). Les horizons plus schisteux, moins perméables, vont localement isoler l'aquifère des grès du Famennien de l'aquifère calcaire du Tournaisien.

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, les zones de fracturation transversale aux couches.

IV.1.2. Unités hydrogéologiques du Carbonifère

IV.1.2.1. Aquifère – Aquitard – Aquiclude de l'Hastarien

Etant donné le regroupement cartographique des Formations du Tournaisien (Groupe de Bilstain) par les géologues-cartographes sur la carte Fléron-Verviers, une unité hydrogéologique globale a été définie pour cette série. Vu l'hétérogénéité des caractéristiques hydrogéologiques de ces formations, cette unité n'a pas pu être nommée autrement que 'Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien'.

La Formation d'Hastière peut être considérée comme aquifère. En effet, composée de calcaires avec quelques niveaux de calcaires argileux, elle est caractérisée par une conductivité hydraulique et une porosité de fissures moyennes. Cette formation est intercalée entre les couches schisto-gréseuses du Famennien supérieur et les shales de la Formation de Pont d'Arcole. Ainsi l'extension de ce niveau aquifère est limitée en raison de sa faible épaisseur et de la présence d'un toit peu perméable.

La Formation de Pont d'Arcole, composée de schistes et de shales, 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 de la Formation d'Hastière des autres unités hydrogéologiques calcaires du Carbonifère.

Les Formations de Landelies et des Dolomies de la Vesdre, à dominante carbonatée, sont aquifères. Hydrogéologiquement, elles forment un continuum avec l'aquifère logé dans les terrains du Viséen. Cependant, puisque cartographiquement elles ont été regroupées dans le Groupe de Bilstain, elles sont intégrées à l'unité hydrogéologique dénommée 'Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien'.

IV.1.2.2. Aquifère des calcaires du Carbonifère

Les calcaires du Tournaisien et du Viséen (de la Formation de Landelies à celle de Ronde-Haie) 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 des formations du Tournaisien en un seul groupe, l'unité hydrogéologique 'Aquifère des calcaires du Carbonifère' sensu stricto ne comprend, sur la carte étudiée, que les formations du Viséen.

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 préférentiel de la nappe des grès, généralement associées aux axes de fissuration transverse.

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 très 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.

IV.1.2.3. Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

Les schistes, grès et quartzites du Houiller (ici, représentés par le Groupe Houiller) sont peu perméables à petite échelle. Leur porosité effective varie entre 0,5 et 1,5 %. Ils ne contiennent d'eau récupérable que dans les fissures ouvertes des bancs de grès et de quartzites tectonisés et fracturés, dans les schistes, les fractures étant 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.

Les zones d'anciennes exploitations minières ont vu leur potentiel aquifère augmenter. La fracturation du massif, induite par les travaux miniers, a entraîné une augmentation de la perméabilité et une diminution des qualités géomécaniques des terrains. Cette dernière peut conduire localement à des affaissements miniers. D'autre part, les anciennes exploitations faites dans les versants disposent de galeries creusées au niveau de la plaine alluviale et rabattant la nappe du bed-rock. Elles sont devenues inopérantes quand les exploitations minières se sont prolongées en profondeur et que l'exhaure intensive a rabattu la nappe du Houiller. La remontée de la nappe suite à l'arrêt de l'exhaure minière a rendu à ces anciennes galeries leur rôle de drain, pour autant que ces dernières ne se soient pas effondrées (colmatage suite à des éboulements).

Dans la région de Liège, des remontées du niveau d'eau dans le Houiller comprises entre le mètre et la dizaine de mètres ont été observées.

D'une manière générale, dans l'ensemble du bassin houiller liégeois, la perméabilité du bed-rock est fonction de la densité et de l'ouverture des fissures.

On distingue trois zones (Monjoie et Polo-Chiapolini, 1973):

- zones non exploitées en terrains schisteux ou gréseux compacts : la perméabilité est faible ou nulle : 0 à 10 unités Lugeon ($0 \text{ à } 1,5^{-2} \times 10^{-6} \text{ m/s}$);
- zones non exploitées avec un substratum gréseux fracturé : la perméabilité est très variable suivant le taux de fissuration et le type de fissures, pouvant parfois être supérieure à 200 unités Lugeon ($>3-4 \times 10^{-5} \text{ m/s}$);
- zones exploitées (travaux miniers): la perméabilité varie irrégulièrement en fonction de la lithologie et de l'importance des fracturations induites par le "foudroyage" minier et peut atteindre des valeurs élevées (30 à 50 unités Lugeon ou $6 \text{ à } 10 \times 10^{-6} \text{ m/s}$), principalement dans les plis et les murs de couches de charbon.

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 la nappe du Crétacé et limitant le potentiel aquifère des terrains schisto-gréseux du Houiller.

IV.1.3. Unités hydrogéologiques du Crétacé

IV.1.3.1. Aquifère des sables du Santonien

Les sables d'Aachen, caractérisés par une porosité d'interstices élevée (porosité efficace: entre 5 et 30 %), présentent des potentialités aquifères intéressantes. La Formation d'Aachen est relativement hétérogène : sables et argiles. Elle repose sur une base argileuse, issue de l'altération des terrains schisto-gréseux du Houiller. Ainsi au contact du socle paléozoïque, on observe de nombreuses sources, venant alimenter le réseau hydrographique. La nappe logée dans les sables d'Aachen présente une eau de bonne qualité chimique, puisque confinée à la base du Crétacé, elle est "protégée" par les Formations de Gulpen et surtout de Vaals.

IV.1.3.2. Aquifère – Aquitard de Vaals

La Formation sablo-argileuse de Vaals est généralement peu aquifère. Dans le Pays de Herve, sa fraction sableuse augmente généralement vers l'est. Dans la région de Clermont, localité située en bordure orientale de la carte Dalhem-Herve, son faciès est caractérisé par des silts et des sables. Ensuite vers l'ouest, la fraction argileuse augmente. Les propriétés aquifères de cette formation évoluent donc d'ouest en est. Sur la carte Fléron-Verviers, cette formation est nettement dominée par les argiles. Ainsi, hydrogéologiquement, elle joue davantage le rôle d'un aquitard, voire d'un aquiclude. Cet horizon, peu perméable, sépare les deux autres unités hydrogéologiques du Crétacé, identifiées comme aquifères.

IV.1.3.3. Aquifère des craies du Crétacé

La nappe des craies de Gulpen présente une double porosité : porosité d'interstices et porosité de fissures. La perméabilité est essentiellement déterminée par la fracturation et peut varier fortement d'un endroit à l'autre (aussi bien verticalement qu'horizontalement). Ces nappes sont souvent localisées au droit des crêtes et des plateaux, elles constituent des nappes d'extension réduite et sont généralement perchées. Des zones de sources sont localement observées sur les versants au contact avec la Formation de Vaals sous-jacente peu perméable.

L'hydrogéologie des terrains crétacés est donc rendue relativement complexe par les variations latérales de faciès principalement dans les Formations de Vaals et accessoirement d'Aachen. On distinguera par endroits un système aquifère composé de deux aquifères, craies de Gulpen et sables d'Aachen, séparés par un horizon peu perméable (Vaals), et par ailleurs, suite aux changements de lithologie de la formation de Vaals, une seule unité hydrogéologique du Crétacé (*Aquifère du Crétacé indifférencié*).

Au contact des terrains du Houiller, formation généralement moins perméable, de nombreuses sources (exutoire de la nappe du Crétacé) sont observées. Le Houiller joue le rôle de niveau de base de cette nappe, surtout lorsqu'il présente un faciès schisteux.

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 la faible extension des dépôts et l'hétérogénéité des matériaux. Ils constituent donc de petites nappes très locales, souvent temporaires. Ils jouent également le rôle de filtre 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 des limons

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 et ne sont pas repris sur dans le tableau synthétique 'Géologie-Hydrogéologie'.

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.1: Unités hydrogéologiques de la carte Fléron-Verviers

Ere	Système	Série	Etage	Groupe	Formation	Membre	Lithologie	Abréviation	Hydrogéologie						
CENOZOIQUE	QUATERNAIRE	HOLOCENE			Alluvions Modernes		Graviers et sables, limons argileux	AMO	Aquifère alluvial						
	NEOGENE				Alluvions Anciennes		Limons à galets et sables	ALA	Aquifère des terrasses fluviales						
	PALEOGENE	OLIGOCENE	Rupélien		Dépôts Sableux		Sables et argiles de natures variées	SBL	Aquifère des sables de remplissage						
MESOZOIQUE	CRETACE	SENONIEN	Maastrichtien		Gulpen		Craies blanches avec silex noirs - Conglomérat à silex (SX)	GUL	Aquifère des craies du Crétacé						
			Campanien		Vaals		Argiles carbonatées, marnes, niveau graveleux, argile ou sable glauconifère	VAA	Aquifère - Aquitard de Vaals						
			Santonien		Aachen		Silts, sables argileux ou à minces lits d'argile, sables fins	AAC	Aquifère des sables du Santonien						
PALEOZOIQUE	CARBONIFERE	WESTPHALIEN	Westphalien A	Houiller			Alternance de shales et de siltites, de grès argileux, de grès et de quartzites - Veines de charbon	HOU	Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller						
			Yeadonien												
		Marsdenien													
		Kinderscoutien													
		Alportien													
		Chokierien													
		Arnsbergien													
		VISEEN	Wartmatien	Ronde-Haie						Jusleville	Calcaires	JUS	ROH	Aquifère des calcaires du Carbonifère	
				Seilles - Thon-Samson							Calcaires - Niveaux à ooides		SEI		
			Livien	Calcaires - Nodules de cherts							LIV				
		TOURNAISIEN	Ivorien	Bilstein						Moha	Bay-Bonnet	Dolomies, dolomies crinoïdiques - Cherts et nodules siliceux	BBN	MOH	Aquifère - Aquitard - Aquiclude de l'Hastarien
										Tenwagne				Calcaires fins à grossiers	
	Brèche de la Belle-Roche				Brèches calcaires	BBR									
	Hastarien				Landelies	Calcaires fins à grossiers, crinoïdiques, dolomités au sommet	BIL	LAN							
		Pont d'Arcole	Shales, calcschistes avec nodules calcaires	PDA											
	DEVONIEN	SUPERIEUR	Famennien	Dolhain		Calcaires crinoïdiques et grès carbonatés - Intercalations de shales et siltites	DOL	Aquifère des grès du Famennien							
				Montfort-Evieux					Grès micacés feldspathiques, grès carbonatés - Shales - Siltites - Nodules carbonatés	ME					
				Souverain-Pré					Grès fins et siltites à nodules calcaires - Calcaires - Grès	SVP					
				Esneux					Grès fins plus ou moins argileux	ESN					
				Hodimont					Siltites micacées - Nodules carbonatés	HOD					
				FRANSNIEN					Lambermont	Bilstein	Lambermont	Shales, siltites, calcaires, schistes noduleux	LAM	ALH	Aquifère des calcaires du Frasnien
		Aisemont	Shales, calcschistes et calcaires organoclastiques		AIS										
		Lustin	Calcaires biostromaux, calcaires fins		LUS										
		(Presles)	(Calcaires argileux et dolomies)												
MOYEN		Givetien			Roux	Dolomies - Calcaires organoclastiques - Calcaires fins - Shales ou grès micacés	ROU	Aquifère des calcaires du Givetien							
					Névreumont						Calcaires fins - Calcaires organoclastiques				
				Pépinster	Shales et siltites - Grès, grès kaolinieux, graveleux et conglomératiques				PER						
INFERIEUR	Eifelien		Vicht	Conglomérat de quartz ou de quartzite	VIC	Aquifère des calcaires du Givetien									
			Acoz				Alternance de siltites et de grès - Quartzites à la base	ACO							
			Solières				Siltites - Grès quartzitiques	SOL							
			Nonceveux				Siltites - Quartzites - Grès argileux	NON							
			Lochkovien						Bois d'Ausse	Grès - Galets de shales et siltites - Localement nodules carbonatés	BAU	Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur			
									Marteau	Siltites - Grès - Nodules carbonatés	MAR	Aquifère à niveaux aquifères du Dévonien inférieur			

IV.2. DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE DE LA CARTE

Toutes les unités hydrogéologiques principales de la carte Fléron-Verviers ne sont pas abordées avec le même degré de détails, étant donné le faible jeu de données disponibles pour certaines d'entre elles. Les potentialités aquifères de la région se situent dans les formations crayeuses du Crétacé ainsi que dans les terrains calcaires du Paléozoïque. Les formations gréseuses du Famennien supérieur ont également un intérêt non négligeable. Les dépôts alluvionnaires sont relativement peu développés et représentent une ressource en eaux souterraines limitée (intérêt purement local, comparé à la plaine alluviale de la Meuse).

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.

IV.2.1. Aquifères du Crétacé

Les aquifères du Crétacé regroupent trois unités hydrogéologiques: (1) l'aquifère des craies du Crétacé, (2) l'aquitard-aquifère de Vaals, (3) l'aquifère des sables du Santonien. Le cadre hydrogéologique du Pays de Herve est complexe suite aux variations latérales de faciès de ces formations du Mésozoïque. Il n'est par conséquent pas toujours possible d'individualiser les différentes nappes logées dans les trois Formations de Gulpen, Vaals et Aachen. Ces terrains occupent une petite partie de la carte Fléron-Verviers (figure IV.1).

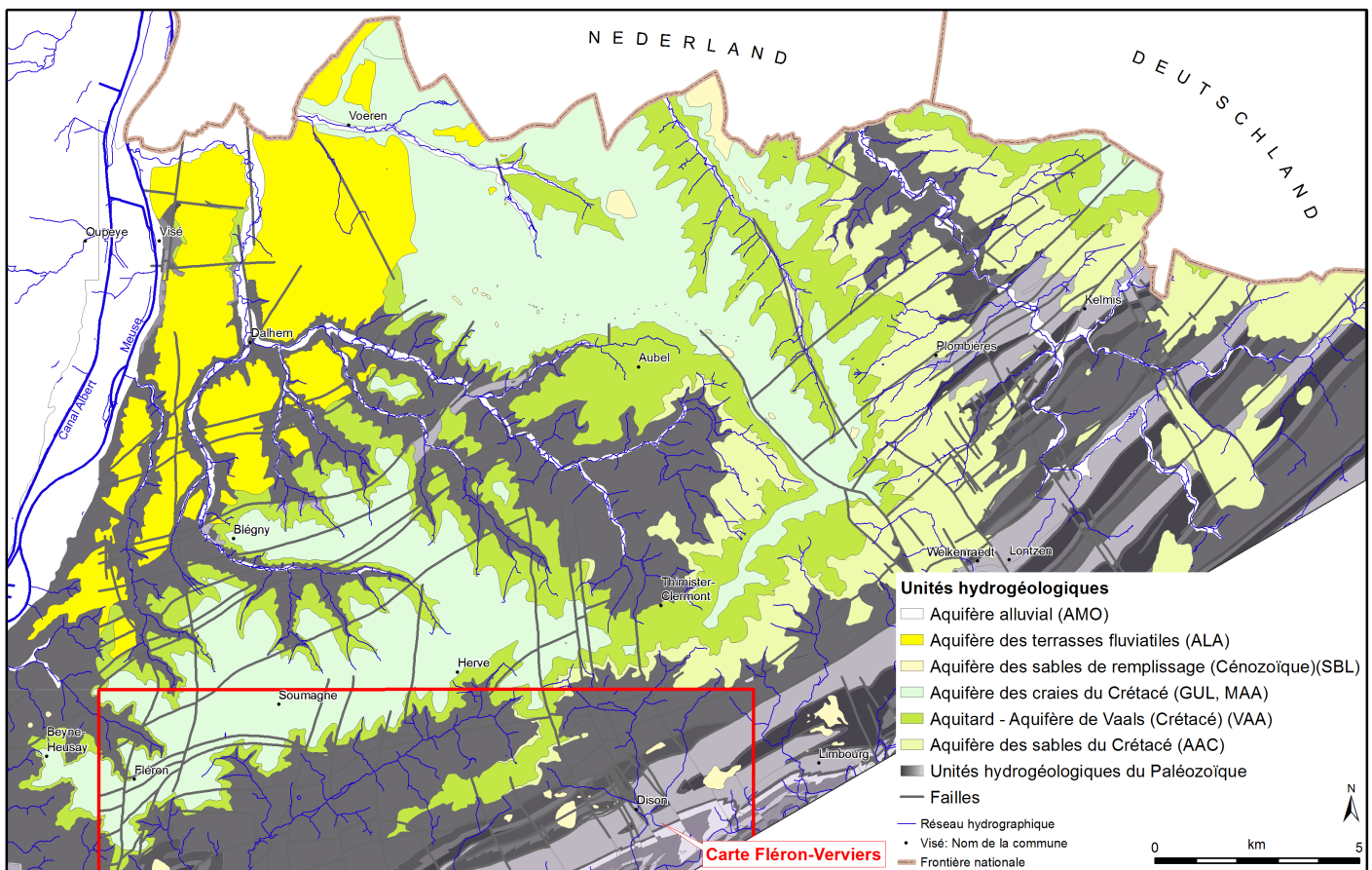


Figure IV.1: Carte de Fléron-Verviers dans le Crétacé du Pays de Herve

Une étude approfondie des ressources en eau du Pays de Herve a été menée fin des années 1980 (Huygens, 1986; 1987). Cette vaste étude a permis, entre autres, de tracer une carte piézométrique de la nappe du Crétacé.

L'écoulement général de la nappe s'effectue en direction du nord-nord-ouest reflétant l'inclinaison des couches géologiques. Cette tendance générale est nuancée par le caractère "perché" de la nappe des craies abondamment drainée par les ruisseaux. L'allure accidentée des isopièzes s'explique aisément par la nature de ces différentes formations aquifères en présence et par l'importance des phénomènes de pente dus au vallonnement typique du Pays de Herve.

L'aquifère des craies du Crétacé s'étend sur une superficie d'environ 20 km² dans la partie nord-ouest de la carte Fléron-Verviers. Sur la carte piézométrique de Huygens illustrant la situation de 1986, des dômes piézométriques sont observés à l'est de Fléron et dans la zone de Wergifosse, à l'est de Micheroux. Cette carte piézométrique est reprise sur la carte principale. Sur le plateau, le gradient hydraulique varie entre 1,2 % et 1,8 %. Sur les versants, ce gradient est plus élevé, compris entre 6,3 % et 9,4 %. Cependant, une valeur plus faible (2,6 %) est observée entre 'Au Wérihet' et 'Hé des Chênes' à Fléron.

Parmi les quelques captages sollicitant la nappe des craies du Crétacé, les puits RET5 et FLE1⁶ situés à Fléron sont régulièrement relevés. De 1986 à 1989, puis de 2000 à 2012, les niveaux d'eau y sont mesurés (figure IV.2). Les variations annuelles et interannuelles sont relativement faibles, de quelques mètres maximum pour ces deux puits. Sur base d'observations sur l'ensemble du Crétacé du Pays de Herve, les basses eaux sont systématiquement observées en été-automne, tandis que les hautes eaux en hiver-printemps.

⁶ Le puits FLE1 fait partie du réseau de surveillance mise en place par le Service Public de Wallonie. Le niveau piézométrique y est mesuré mensuellement.

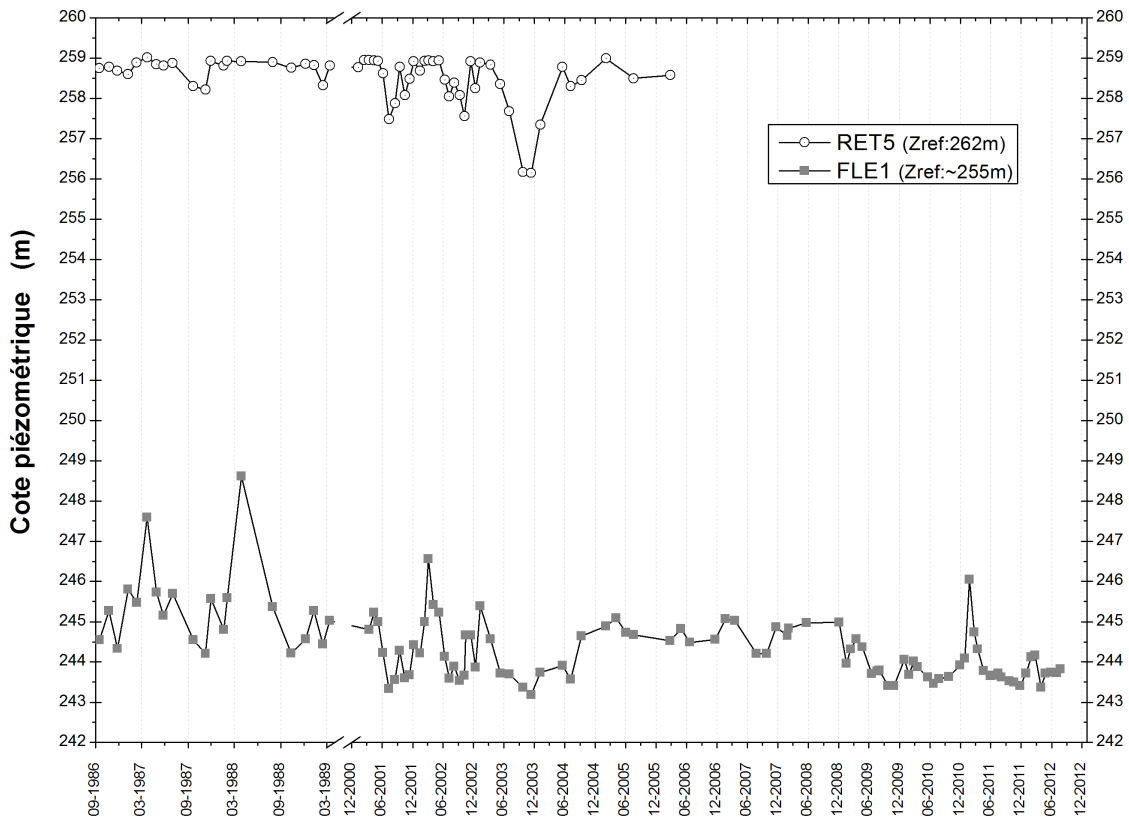


Figure IV.2: Fluctuations piézométriques de la nappe des craies du Crétacé: RET5, FLE1

IV.2.2. Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

Il existe peu de données concernant l'aquifère fissuré logé dans les terrains schisto-gréseux du Houiller sur la carte Fléron-Verviers. A défaut d'une carte piézométrique, quelques hauteurs piézométriques ponctuelles sont reportées sur la carte hydrogéologique.

Une quarantaine d'ouvrages de prise d'eau sollicitant la nappe du Houiller est recensée sur la carte Fléron-Verviers. Il s'agit principalement de puits forés et de puits traditionnels (large diamètre). Quelques niveaux d'eau ont pu être mesurés dans les puits accessibles. Les puits traditionnels, peu profonds (maximum une dizaine de mètres), sollicitent la nappe dans la frange altérée. Les niveaux piézométriques sont proches de la surface topographique (profondeur de l'eau oscillant entre 0,1 et 8,75 m). La surface piézométrique est sensiblement parallèle à la surface topographique. Cette nappe superficielle est sans doute localement en relation avec le réseau hydrographique. Cependant, le faible jeu de données disponibles ne permet pas de le confirmer. Les puits forés, plus profonds (ici entre 40 et 130 m), recoupent les horizons gréseux fracturés (aquifères) intercalés dans la masse schisteuse du Houiller moins perméable. Ces niveaux plus argileux mettent localement la nappe en légère surpression. Les niveaux d'eau mesurés dans ces forages sont généralement plus profonds, entre 10,5 et 47,7 m.

L'arrêt de l'exploitation minière s'accompagne généralement d'un arrêt des pompages d'exhaure. Il s'ensuit une remontée des niveaux piézométriques dans les terrains qui avaient été désaturés lors de la progression de l'exploitation. Ce phénomène de remontée des niveaux piézométriques est couramment appelé ennoyage minier ("mine water rebound").

Le phénomène d'ennoyage minier peut avoir des conséquences importantes sur l'environnement (Monjoie, 2000; Younger *et al.*, 2002):

- Un risque d'acidification des eaux de surfaces ("acide mine drainage"): lorsque le niveau dans les mines atteint des galeries débouchant en surface, l'eau des mines s'écoule par gravité et se déverse dans le réseau d'eau de surface. Or ces eaux présentent très souvent un caractère acide, sulfaté et riche en fer;
- Il peut arriver que ces galeries qui évacuent les eaux par gravité s'obstruent suite à un éboulement. Le niveau d'eau derrière le "bouchon" continue d'augmenter jusqu'à exercer une pression suffisante pour rompre l'obstruction. Les terrains saturés suite à la formation du bouchon se vidant brutalement de leur eau, celle-ci est évacuée par la galerie précédemment obstruée ce qui peut provoquer des inondations importantes en surface (coups d'eau);
- L'augmentation des pressions d'eau dans les terrains peut induire des problèmes de stabilité dans les versants, voire des reprises des tassements.

Ainsi la Région Wallonne a lancé (avec l'aide de la Commission Européenne) des études approfondies afin de mieux comprendre ces phénomènes et de les prévenir. Depuis 2002, l'ISSeP a été chargé de cette mission (en collaboration avec l'AIDE et l'ULg). Plusieurs études menées dans la zone pilote de Wandre-Cheratte, située sur la carte Dalhem-Herve (au nord de la carte étudiée) ont conduit à la mise en place d'un réseau d'observation hydrologique permettant de suivre le niveau des eaux souterraines et le débit des galeries d'exhaure (Berger *et al.*, 2003; Gardin *et al.*, 2005; Dingelstadt et Drevet, 2007; Wildemeersch *et al.*, 2008). Ce réseau est, entre autres, destiné à servir de système d'alerte pour les coups d'eau. Par la suite, d'autres études ont permis d'étendre ce réseau aux zones de Herstal-Oupeye-Liège-Nord, Liège-Ans et Saint-Nicolas.

IV.2.3. Aquifères des calcaires du Carbonifère et du Dévonien

Sur la carte Fléron-Verviers, plusieurs unités hydrogéologiques forment les aquifères des calcaires du Carbonifère et du Dévonien:

- Aquifère des calcaires du Carbonifère;
- Aquifère-aquitard-aquiclude de l'Hastarien;
- Aquifère des calcaires du Frasnien;
- Aquifère des calcaires du Givetien.

Sur cette carte, les formations carbonatées du Carbonifère et du Dévonien sont localisées tant dans la Nappe de la Vesdre que dans la Fenêtre de Theux où, cependant, seul le Carbonifère affleure (figure IV.3). 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. Ils sont détaillés en fin de chapitre.

Bien que constituant une ressource en eaux souterraines importante, les aquifères calcaires sont relativement peu exploités dans la région de Fléron-Verviers. On ne compte que deux sites de captage public en activité exploitant les aquifères calcaires de cette carte (voir chapitre VI). Peu d'ouvrages de prise d'eau privés sont recensés.

Le contexte hydrogéologique complexe (hétérogénéité des terrains, structure faillée compartimentant l'aquifère) et la mauvaise répartition spatiale des données piézométriques ne permettent pas de tracer une carte piézométrique. Ainsi, quelques niveaux d'eau ponctuels ont été mesurés et sont reportés sur la carte hydrogéologique (1/25.000).

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. Ces aquifères calcaires réagissent très vite après une période de pluie (remontée piézométrique). Sur la carte Fléron-Verviers, d'après les données disponibles, les amplitudes piézométriques semblent moins importantes, maximum d'une dizaine de mètres (détails donnés ci-après).

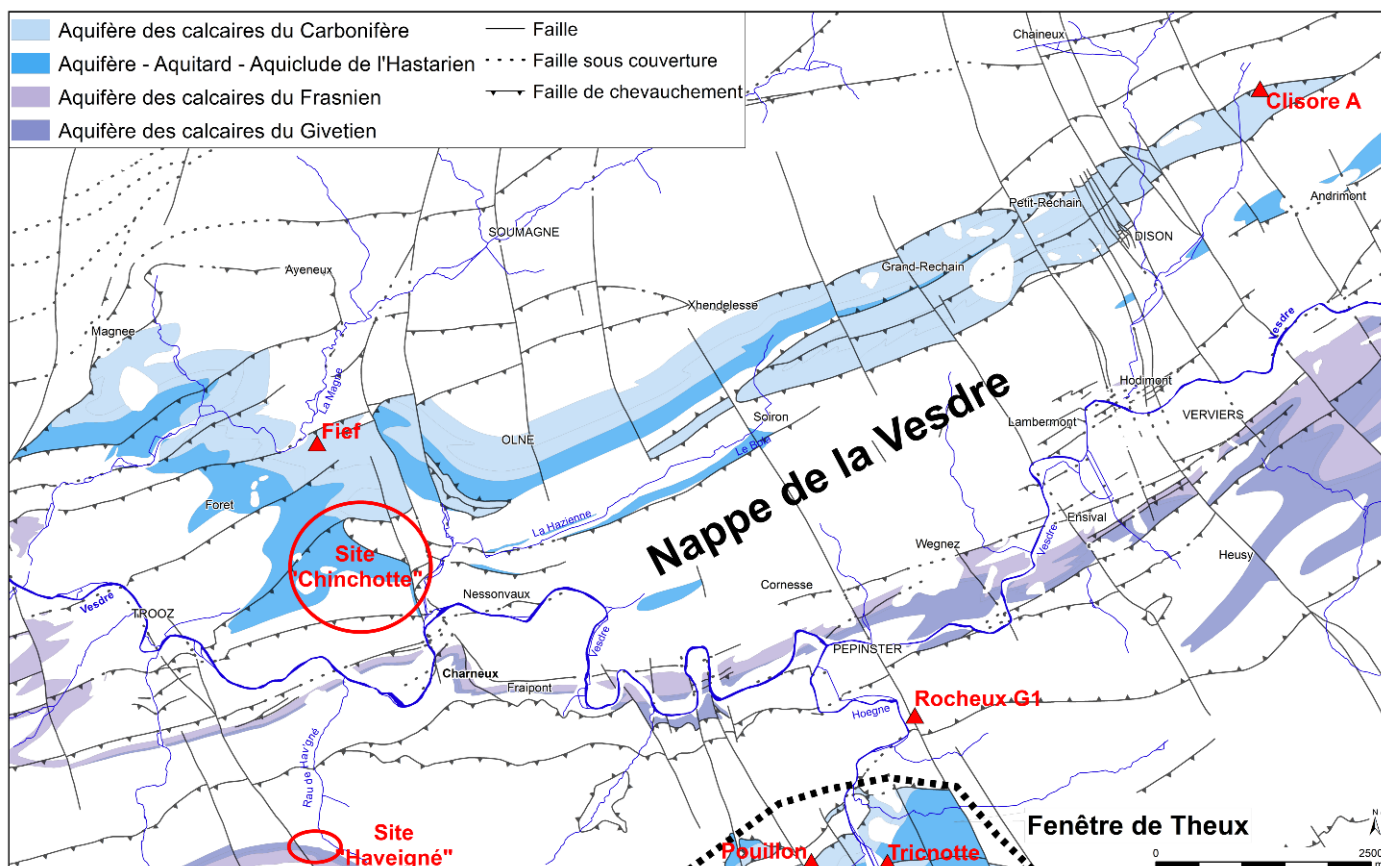


Figure IV.3: Calcaires carbonifères et dévoniens de la carte Fléron-Verviers

Nappe de la Vesdre

La majorité des formations calcaires, tant carbonifères que dévoniennes, de la région de Fléron-Verviers sont situées dans l'unité structurale 'Nappe de la Vesdre' (figure IV.3).

Dans deux puits privés implantés dans l'aquifère des calcaires du Carbonifère, la profondeur de l'eau a pu être mesurée (tableau IV.2).

Tableau IV.1: Cote piézométrique ponctuelle - Aquifère des calcaires du Carbonifère

Nom	Profondeur du forage	Date de la mesure	Profondeur de l'eau	Cote piézométrique
Fief	90 m	05/11/2008	54,7 m	146,5 m
Clisore A	105 m	18/02/2009	74,6 m	192,2 m

Sur le territoire de la commune d'Olne, dans la vallée du Ruisseau de Vaulx, la SWDE exploite le site de captage, 'Chinchotte' (figure IV.4). Cette galerie, longue de 43 m, draine les eaux de l'unité hydrogéologique de l'Hastarien (Tournaisien, Carbonifère). Non distinguées cartographiquement, les formations du Groupe de Bilstain, bien que de lithologie différente, sont rassemblées dans cette unité hydrogéologique. Au sein de cette unité composée essentiellement de calcaires et de dolomies, se trouvent les shales de la Formation de Pont d'Arcole. Ce niveau aquiclude joue un rôle de seuil hydrogéologique dans cet aquifère calcaire. La présence de calcschistes et de calcaires argileux peut aussi modifier localement l'écoulement des eaux souterraines et la

conductivité hydraulique du milieu. Six piézomètres ont été forés à proximité de la prise d'eau (SWDE, 2005). Des niveaux d'eau y ont été mesurés (figure IV.5). L'écoulement des eaux souterraines se fait en direction du Ruisseau de Vault, affluent direct de la Vesdre, et du captage. Depuis un dôme piézométrique situé aux alentours du Pz4, à la cote de 195 m, le niveau piézométrique de la nappe descend à l'altitude de 133 m (cote du radier de la galerie). En aval de ce point, au niveau du Pz3, la surface libre de la nappe atteint la cote de 115 m. Le piézomètre Pz6 semble situé en dehors du bassin d'alimentation du captage de Chinchotte, au-delà d'une crête hydrogéologique passant probablement au niveau de Pz4.

Dans le piézomètre Pz2, un essai de pompage a été mené (SWDE, 2005). La conductivité hydraulique moyenne calculée, à partir des valeurs de transmissivité et avec une hauteur crépinée de 39 m, est de l'ordre de 5×10^{-5} m/s. Lors du test, les niveaux d'eau ont été suivis dans les piézomètres les plus proches (Pz1, Pz1bis, Pz3). Tous sont influencés par le pompage.

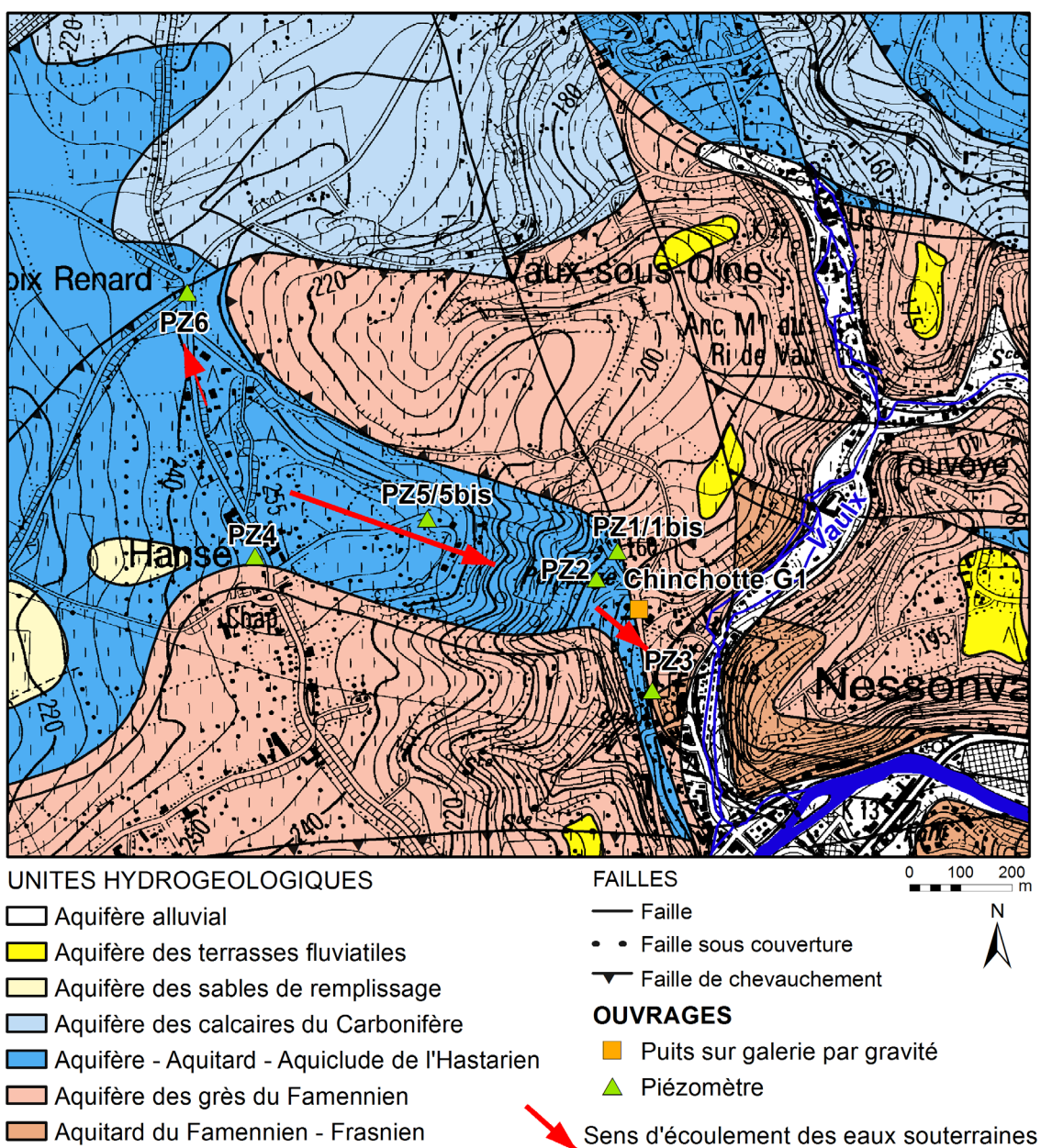


Figure IV.4: Site de captage de Chinchotte (Olne - SWDE)

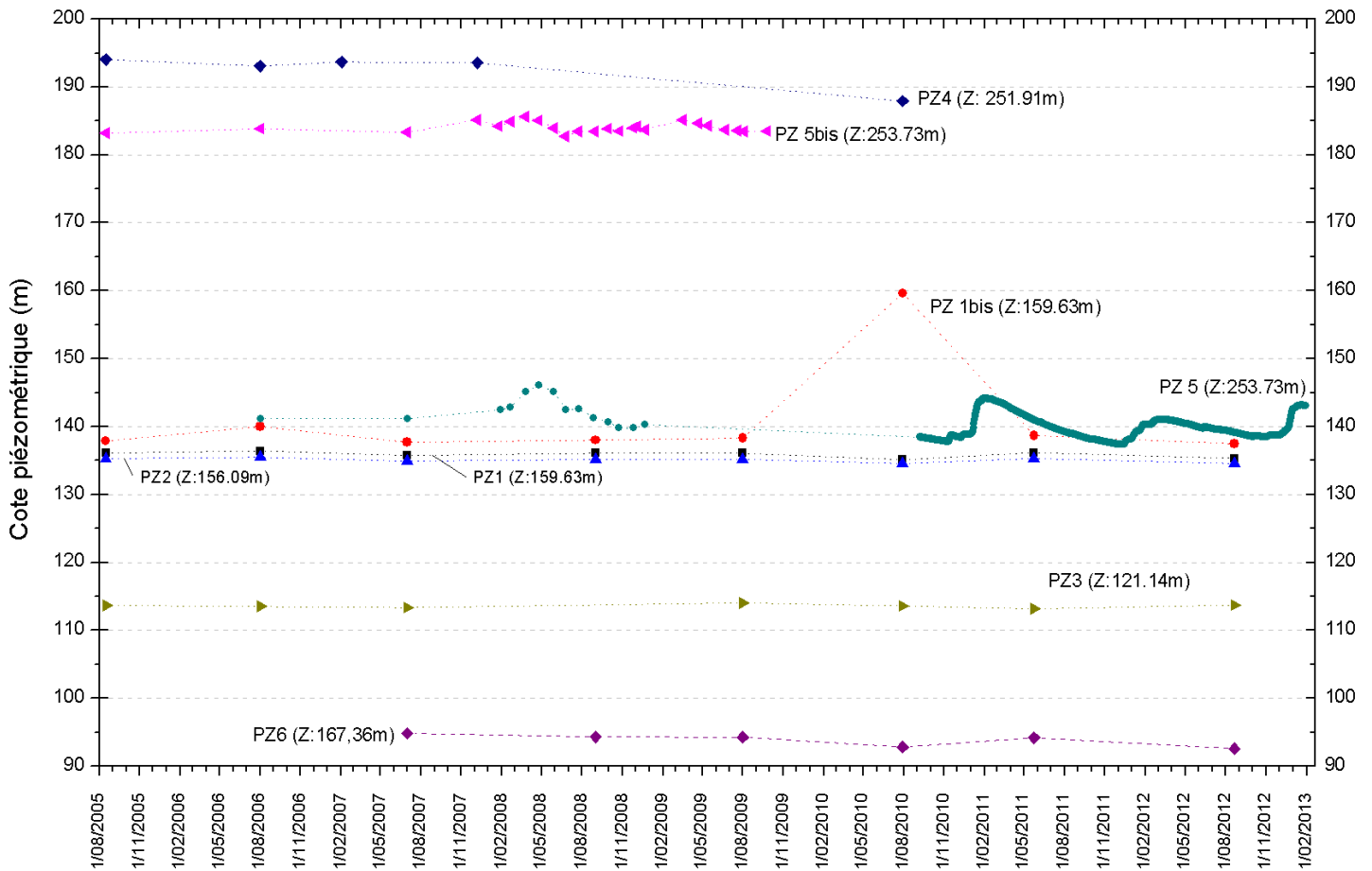


Figure IV.5: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère (Hastarien) du Massif de la Vesdre (Site Chinchotte, Olné)

Un suivi plus régulier du niveau d'eau a été mené dans les piézomètres Pz5 et Pz5bis en 2008-2009 (figure IV.5). Ce suivi a été poursuivi pour l'ouvrage Pz5 (figure IV.6). Ce forage a fait l'objet d'un double équipement, ainsi que Pz1 (tableau IV.3). Alors qu'on observe peu de différences entre les niveaux piézométriques de Pz1 et Pz1bis (figure IV.5), il n'en est pas de même pour le forage 5. Environ 40 m séparent les niveaux d'eau mesurés dans Pz5 et Pz5bis. Cet écart pourrait s'expliquer par la présence, entre les deux niveaux crépinés, d'un horizon plus argileux (moins perméable) tel que les shales de la Formation de Pont d'Arcole. Cette observation met en avant le compartimentage de l'unité hydrogéologique (hétérogène) de l'Hastarien. Cependant, les informations peu précises fournies par le log géologique ne permettent pas de confirmer catégoriquement cette thèse.

Tableau IV.3: Caractéristiques de l'équipement des piézomètres Pz1-Pz1bis et Pz5-Pz5bis

Nom	Profondeur du forage	Crépine: diamètre intérieur	Crépine: emplacement
Pz1	60 m	80 mm	39-59 m
Pz1bis	24 m	25 mm	20-24 m
Pz5	152 m	80 mm	117-129 m
Pz5bis	72 m	25 mm	60-72 m

Ces chroniques piézométriques mettent également en évidence les périodes de hautes eaux et de basses eaux. Elles ont lieu, respectivement, au printemps et en automne-hiver. Le battement annuel de la (ou des) nappe(s) est relativement faible pour ce type d'aquifère. Sur base des données collectées, il oscille entre 4 et 6 m.

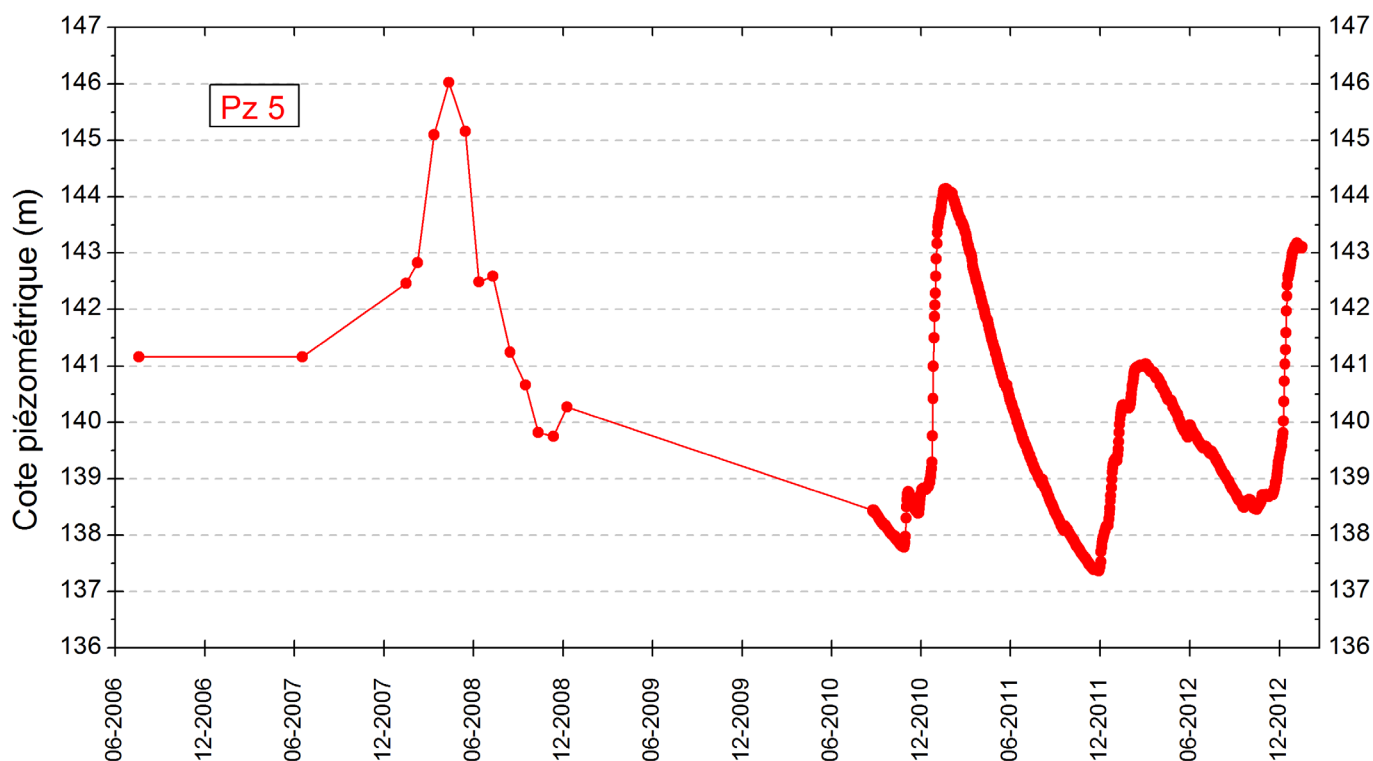


Figure IV.6: Fluctuations piézométriques du forage Pz5-Chinchotte (prof: 152 m)

Dans le cadre de l'établissement des zones de prévention, un essai de multitraçage a été réalisé en mars 2006 sur ce site afin de confirmer les connexions entre les piézomètres et la galerie G1 et de déterminer les paramètres hydrodispersifs de l'aquifère (Haskoning, 2006). Quatre traceurs ont été injectés dans les piézomètres Pz1 & Pz1bis, Pz2, Pz5bis. Seul le naphthionate injecté dans le Pz2 a été détecté à la galerie G1. La première arrivée a été mesurée 6h30 après l'injection, soit correspondant à une vitesse maximale de 12 m/h. Un dispositif de surveillance a aussi été placé dans le piézomètre Pz3. Aucune restitution significative des trois traceurs fluorescents ou du traceur salin n'y a été détectée. Davantage de détails sur les résultats de ce test sont présentés dans le [chapitre VII](#). D'après ces essais, la connexion entre le piézomètre Pz2 et la galerie est établie. La connexion entre les autres forages et la galerie (ou le Pz3) n'a pu être prouvée, bien que les tests de pompage au Pz2 aient montré une influence sur les niveaux mesurés en Pz1 et Pz3. Les raisons de cette absence de détection peuvent être multiples: trop grande dispersion, temps d'échantillonnage trop court, interférence entre les traceurs ou/et avec la chloration à la galerie, écoulement souterrain directement dirigé vers la vallée (en l'absence de pompage),...

Dans la partie sud-ouest de la carte, une mince bande de calcaires dévoniens affleure. Dans la vallée du Ruisseau de Hav'gné (ou Haveigné), la SWDE possède un ouvrage de prise d'eau, le captage d'Haveigné, sollicitant l'aquifère des calcaires du Givetien. Ce drain, long d'une cinquantaine de mètres, est dirigé vers le SSE plus ou moins perpendiculairement aux couches géologiques. Il est implanté dans les calcaires de la Formation de Névreumont (figure IV.7). A ce jour, aucune étude scientifique exhaustive n'a été réalisée pour mieux caractériser le contexte hydrogéologique de cette zone.

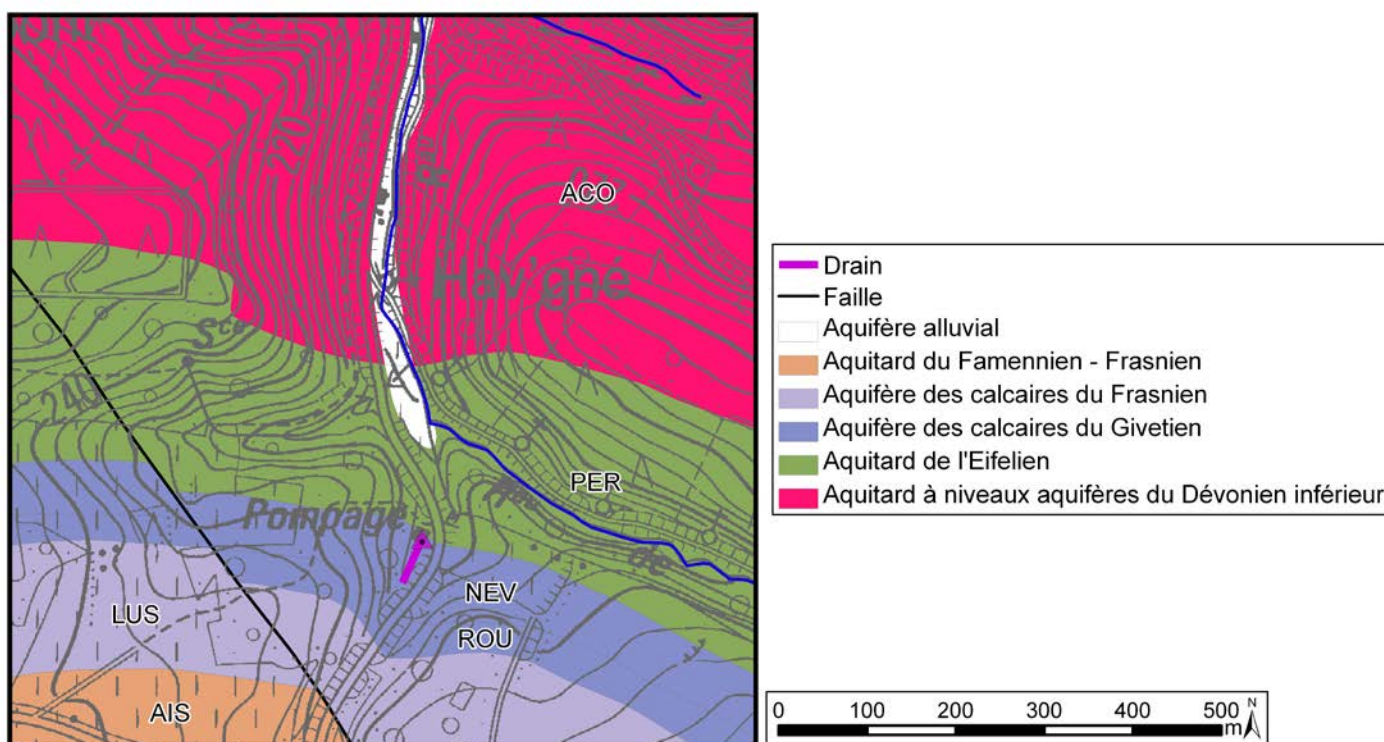


Figure IV.7: Site de captage de Haveigné (Louveigné - SWDE)

Fenêtre de Theux

L'unité structurale, appelée "Fenêtre de Theux", n'apparaît que sur une petite zone dans la partie méridionale de la carte, dans la vallée de la Hoegne (figure IV.3). Sur la carte Fléron-Verviers, seuls les terrains du Carbonifère y affleurent. Très peu de données sont disponibles pour cette entité. A Jusleville, le puits privé 'Pouillon' est implanté dans l'aquifère des calcaires du Carbonifère. Profond de 75 m, un niveau d'eau y a été mesuré le 18/02/2009. L'eau était à 32,8 m, soit une cote piézométrique de 186,5 m.

La commune de Theux possède plusieurs sites de captage sur son territoire. Aucun de ceux situés sur la carte Fléron-Verviers n'est encore exploité sauf le captage de Tricnotte. Cet ouvrage est un puits de 4 m de profondeur, récoltant les eaux du massif calcaire de la Fenêtre de Theux via un réseau de galeries dont le tracé exact n'est pas connu. Le service des eaux de la commune ne dispose d'aucun plan. Cette prise d'eau est mise à disposition des agriculteurs de la commune (alimentation du bétail).

La SWDE exploite, dans cette même zone, une galerie longue de plusieurs kilomètres qui reprend les eaux d'exhaure d'anciennes mines de Pb-Zn-Fe d'Oneux à la limite de la Fenêtre de Theux. Le point de sortie de cette galerie, nommé le captage de Rocheux, est situé en rive droite de la Hoëgne à un kilomètre en amont de Pepinster.

Phénomènes karstiques

Dans la région de Fléron-Verviers, de nombreux phénomènes karstiques sont observés. Sur les 282 phénomènes karstiques recensés dans l'atlas du karst wallon, 148 sont localisés sur les formations carbonatées du Dévonien contre 134 sur le Carbonifère (CWE PSS, 2006). Les phénomènes karstiques répertoriés dans la région sont, outre les pertes-chantoirs et les résurgences, des dolines, des abris-sous-roche, des cavités et grottes (figure IV.8). Sur la carte principale du poster, seules les pertes et les résurgences sont indiquées.

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

- le réseau de recoupement souterrain de méandre. Il consiste à relier les deux bras en amont et en aval d'un ou plusieurs méandres par un réseau souterrain. 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, partielles ou totales, débouchent sur les berges ou dans le lit de la rivière.
- le réseau de chantoir-résurgence. Ce type de réseau est lié aux affluents subséquents⁷ des rivières principales et est faiblement encaissé.

Ces deux types de réseaux se retrouvent sur la carte Fléron-Verviers. Par la suite, quelques sites karstiques, particulièrement intéressants et documentés, sont décrits sur base essentiellement de l'Atlas du Karst Wallon (CWE PSS, 1996 & 2006; Van den Broecke *et al.*, 1910). Des traçages (ou

⁷ Rivière subséquente: cours d'eau de 2^e génération, développé perpendiculairement au pendage des couches

simplement des colorations) ont été réalisés sur certains systèmes karstiques, 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 exemple, un traçage accidentel suite à une pollution).

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' (<http://carto1.wallonie.be/CIGALE/>).

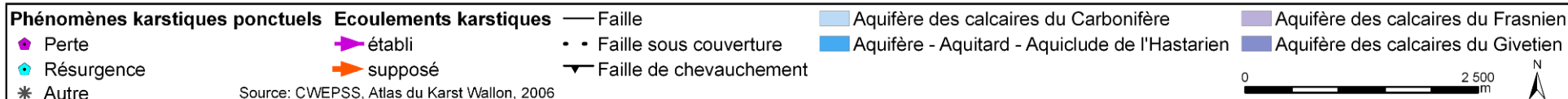
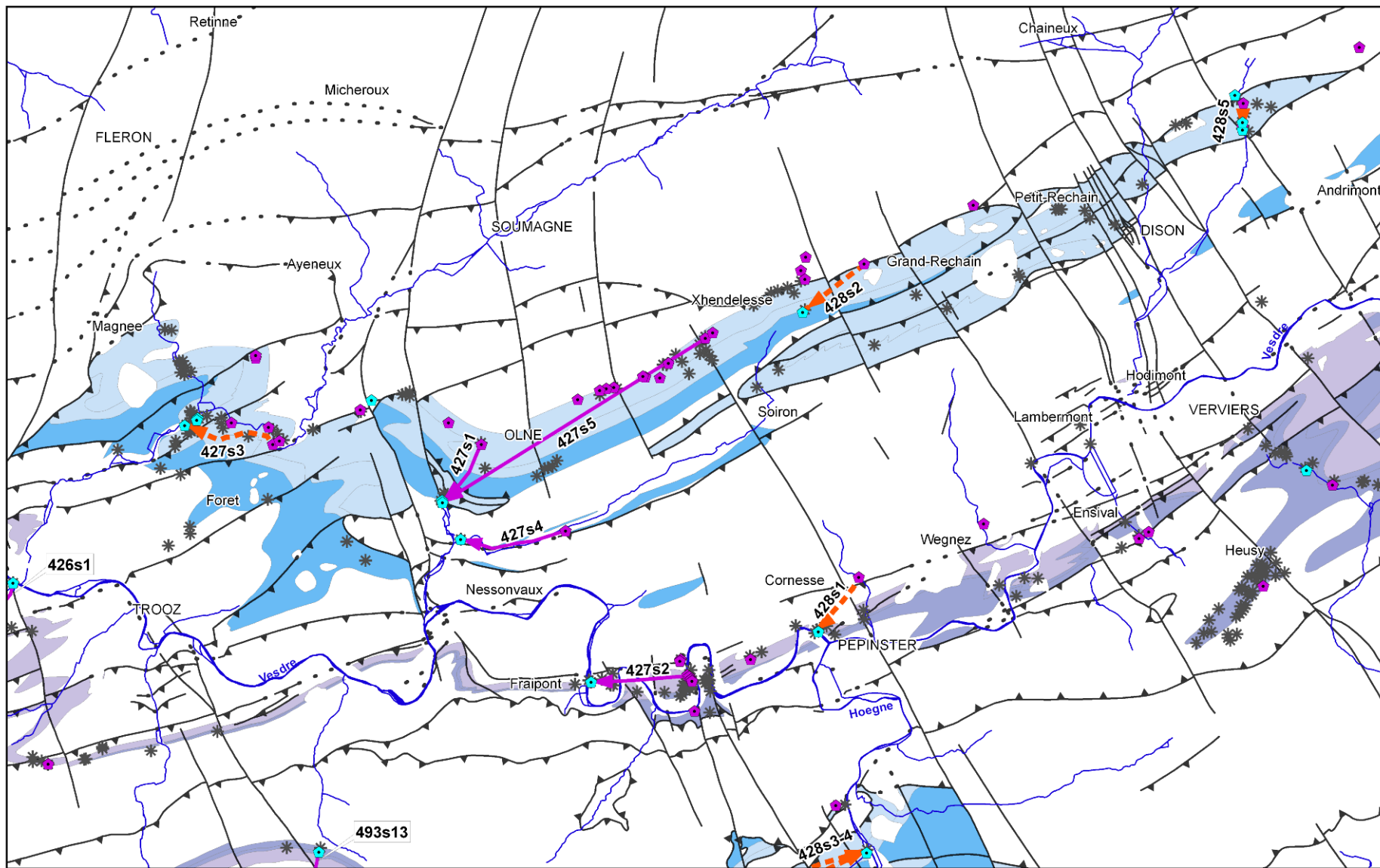


Figure IV.8: Phénomènes karstiques - Carte Fleron-Verviers

Le complexe karstique de Flère (427s2), situé sur la Vesdre entre Pepinster et Nessonvaux, est un bel exemple d'un recouplement de méandres (figure IV.9). En période de hautes eaux, une partie des eaux de la Vesdre pénètrent dans le sous-sol via quatre pertes alignées sur une soixantaine de mètres en rive droite de la rivière (pertes de Flère). Après un parcours souterrain d'environ 1 km dans les calcaires dévoniens, ces eaux ressortent à la "Résurgence de Goffontaine"; dans la berge en rive droite de la Vesdre. La relation avec la Vesdre en amont a été démontrée par les eaux polluées provenant des usines de lavage de la laine retrouvées à la résurgence, au début du 20^{ème} siècle.

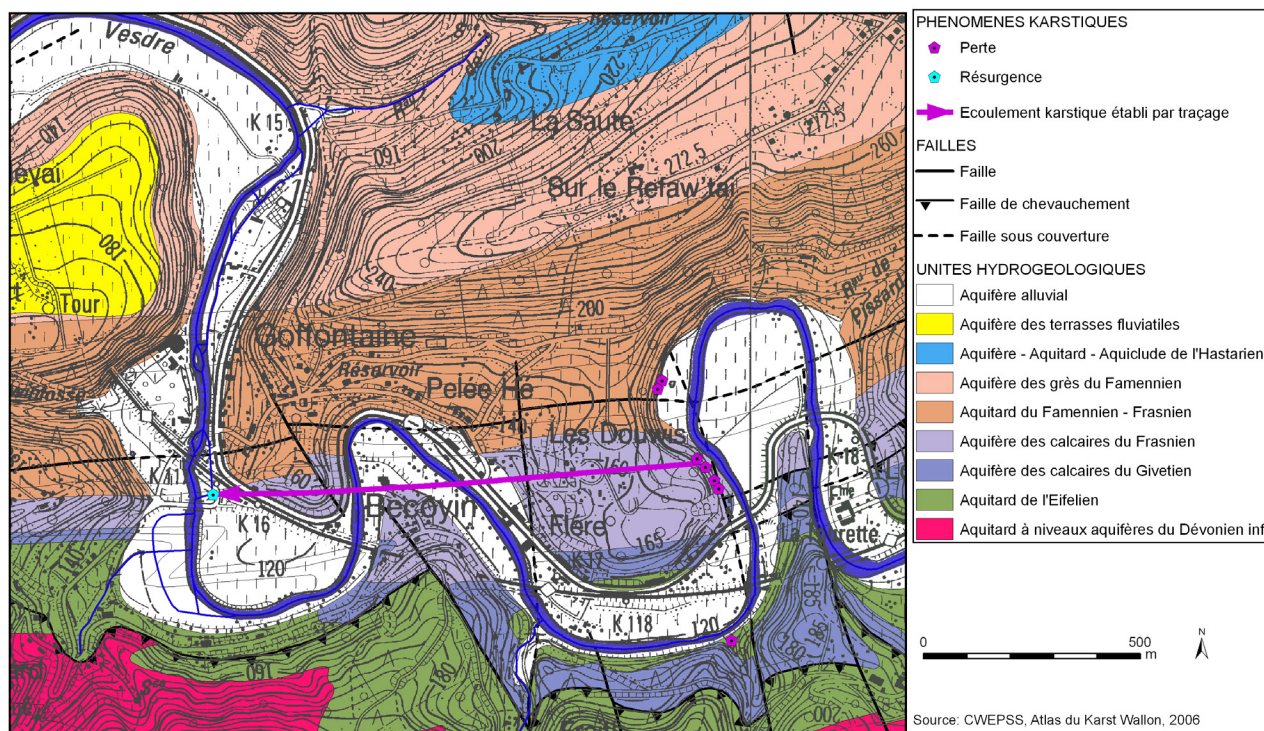


Figure IV.9: Complexe karstique de Flère (Pepinster)

Sur deux autres sites karstiques dans les calcaires dévoniens de la carte Fléron-Verviers, des traçages ont été menés mettant ainsi en relation un système chantoir-résurgence. Il s'agit des sites de Waltinne (426s1) et de Hammier (493s13) dont les têtes de réseau (pertes) se situent sur les cartes voisines (figure IV.8).

Dans les bandes de calcaires carbonifères de la région d'Olné, plusieurs phénomènes karstiques sont observés (figure IV.8: 427s1/4/5 & figure IV.10). Topographiquement, les eaux ruisselant depuis les terrains houillers au nord devraient alimenter le ruisseau 'Hazienne-Bola'. Cependant, les quelques vallons recensés, dont Froidbermont, Turlurette-Mohontier, sont secs. Aucun écoulement de surface pérenne n'y est observé. En effet, sur l'axe de la liaison 427s5 (figure IV.8), partant de Xhendelesse vers Olné et orientée NE-SW, de nombreux chantoirs et dolines-pertes ont été reconnus (Xhendelesse, La Turlurette, La Bouteille). De l'uranine a été injectée dans l'agolina⁸ de Xhendelesse, chantoir le plus septentrional de ce système karstique (Nys et Linsman, 1930). Après une soixantaine d'heures, elle est réapparue à l'une des résurgences de Vaux-sous-Olné, sources du Ry de Vaux (affluent direct de rive droite de la Vesdre). La liaison entre le chantoir de Falize, à Olné, et ces mêmes émergences a également été testée (liaison: 427s1 sur la figure IV.8). Dans ce cas-ci, il a fallu attendre 192 h entre l'injection du traceur et son apparition aux résurgences à la Villa des Hirondelles à Vaux-sous-Olné (Nys et Linsman, 1930). Au sud de ces sites, s'écoule le ruisseau 'Hazienne-Bola', qui après un parcours sur les grès du Famennien, se perd dans les calcaires tournaisiens (perte du Ry de Soiron). Après un parcours souterrain d'un peu plus d'un kilomètre, les eaux ressortent des terrains sédimentaires du Famennien supérieur via la résurgence de Touvoye (Nys et Linsman, 1930).

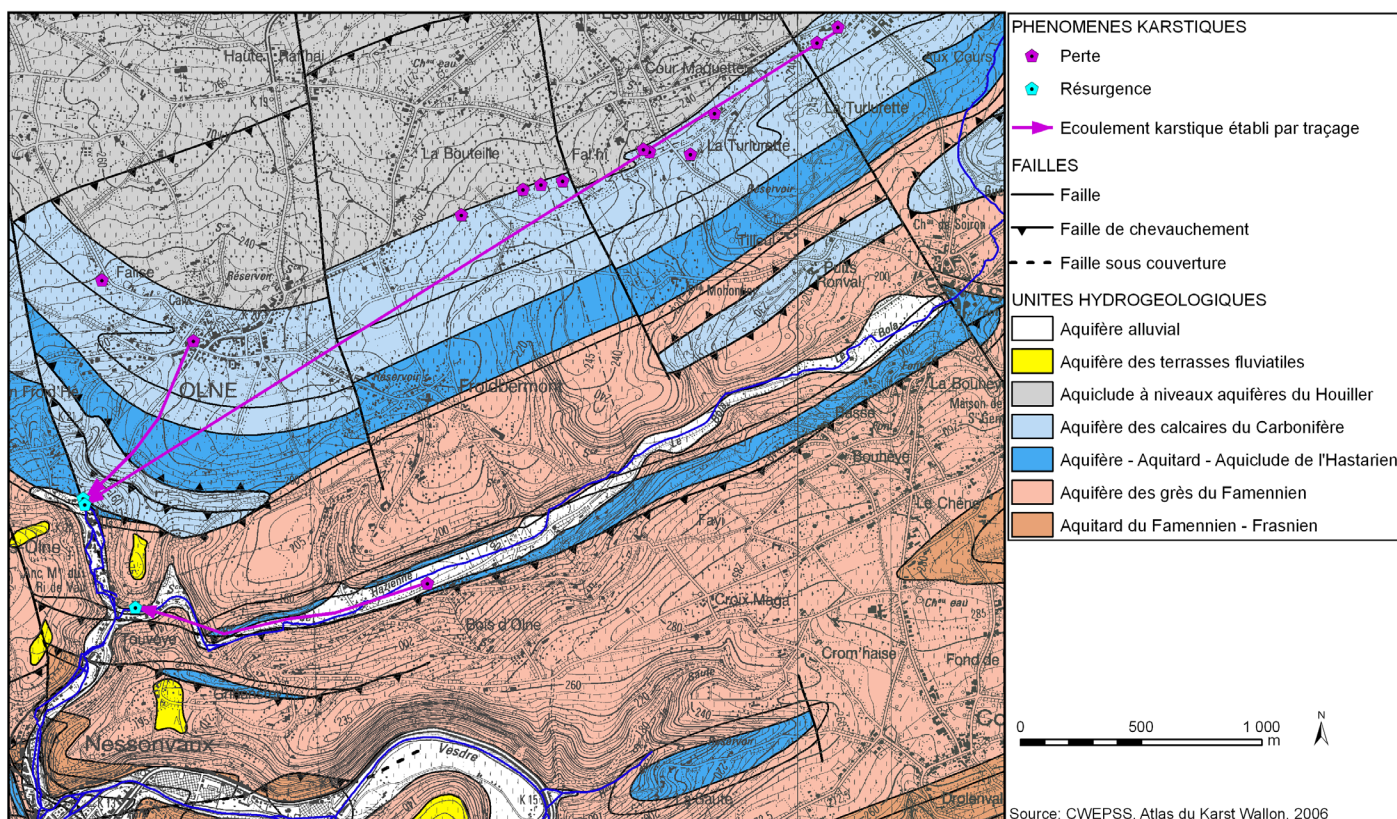


Figure IV.10: Phénomènes karstiques dans la région d'Olné-Xhendelesse

⁸ Agolina: synonyme de perte karstique. Terme propre à la région verriétoise.

A l'ouest du système karstique d'Olné-Xhendelesse, dans la zone Magnée-Forêt, plusieurs phénomènes karstiques sont observés dans les formations carbonatées du Carbonifère (figure IV.8: 427s3 & figure IV.11). Le ruisseau de la Magne s'écoule depuis le nord sur les terrains schisteux du Houiller et rejoint le Vesdre à Prayon. A son arrivée sur les calcaires, une partie des eaux s'infiltrent dans le sol, par l'intermédiaire de quelques pertes, vers le réseau souterrain du Wuinant. Elles refont surface environ 1 km en aval, à vol d'oiseau, à la Grotte de la Résurgence et à l'Emergence du Wuinant. Ce recouplement de méandres n'a pas été explicitement validé par traçage. Cependant, le fait que les auteurs de la carte géologique n'aient pas cartographié les alluvions de la rivière sur ce tronçon confirme qu'une partie non négligeable du cours d'eau ne s'écoule plus dans son lit aérien et donc les dépôts alluvionnaires en sont d'autant diminués. Ensuite, le ruisseau s'écoule sur environ 1 km sur les calcaires mais ne semble plus subir de pertes. Il dévale enfin les pentes sur les terrains gréseux et schisto-gréseux du Famennien supérieur avant sa confluence avec la Vesdre.

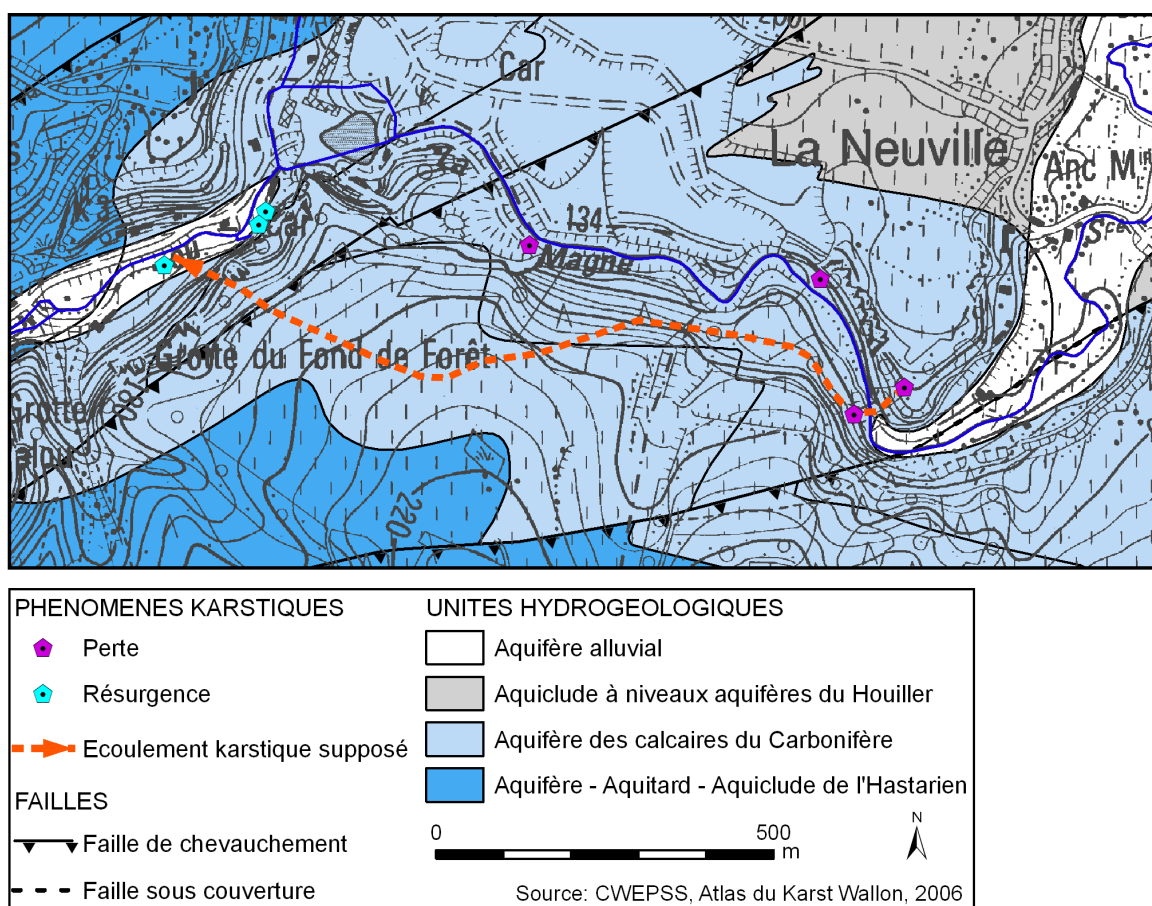


Figure IV.11: Système karstique de la Magne (Trooz)

A l'est du réseau karstique d'Olne-Xhendelesse, à Grand-Rechain, une liaison karstique entre l'agolina de Grand-Rechain (perte) et la résurgence du Bola est supposée (non confirmée par un traçage)(figure IV.8:428s2 & figure IV.12). Il est important de noter que ce système a été fortement modifié. En effet, les eaux souterraines sont canalisées en souterrain depuis la perte de Grand-Rechain. De nombreuses taques d'égouts sont ainsi visibles tout le long du vallon sec (CWEPSS, FPMs, ULg, 1995-2005). Ce chantoir, situé à la limite des terrains schisto-gréseux du Houiller et des calcaires du Carbonifère, est comblé par des déchets et remblais divers. Les eaux ne se perdent plus à l'intérieur de celui-ci mais continuent leur chemin en surface jusqu'à la route où elles sont canalisées. Quant à la résurgence du Bola, elle est aussi totalement canalisée. L'eau ressort par une sorte d'égout. Cependant, des traces récentes d'effondrements semblent montrer que le karst est toujours bien actif malgré ces modifications anthropiques.

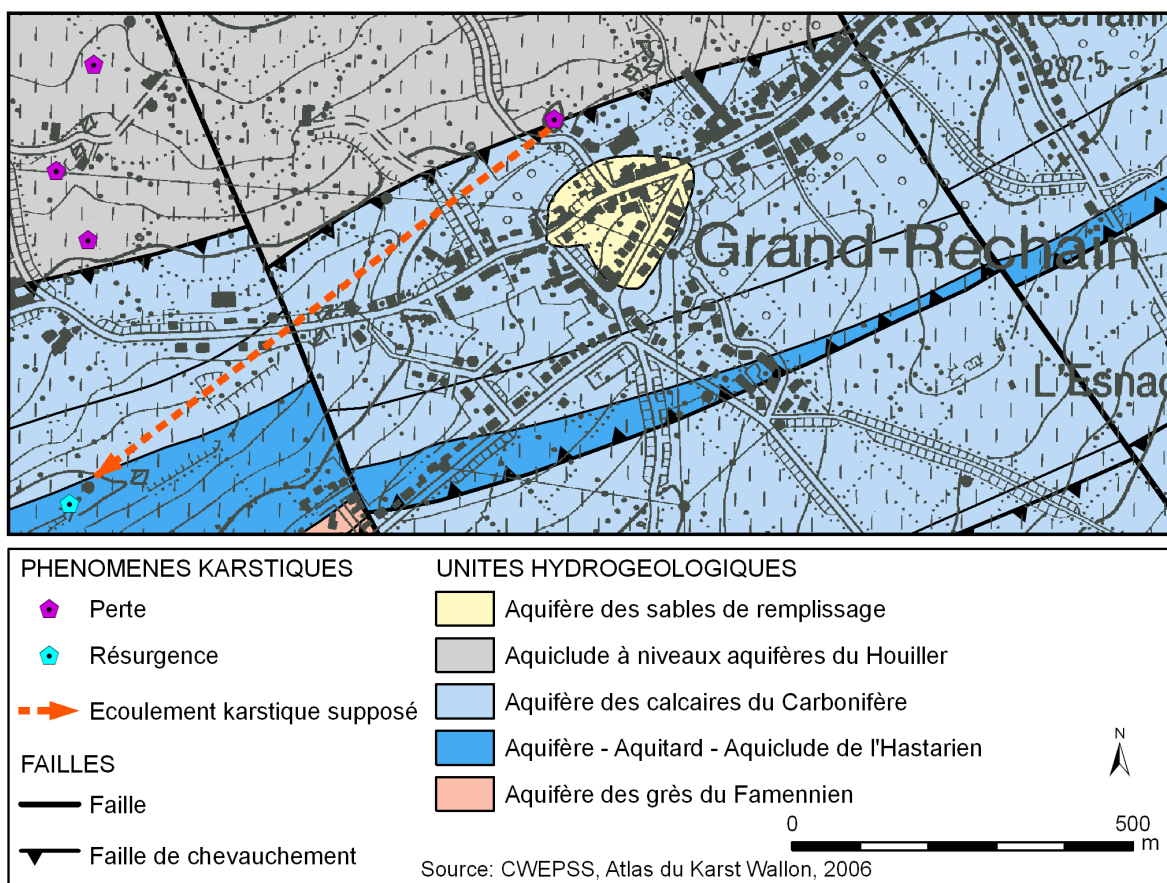


Figure IV.12: Système karstique du Bola (Grand-Rechain, Herve)

Dans le sud de la carte Fléron-Verviers, à Juslenville dans la Fenêtre de Theux, une résurgence sort depuis les calcaires carbonifères dans la vallée de la Hoëgne (figure IV.8: 428s3/4 & figure IV.13). Il s'agit d'une diffluence souterraine, l'eau sort de 5 endroits différents étalés sur 30 m environ. La zone est marécageuse. Ces eaux se seraient engouffrées dans les chantoirs de Wislé – Rond-Haie, sur la carte 49/4 Spa. Ces liaisons karstiques n'ont pas été prouvées par la réalisation d'un traçage.

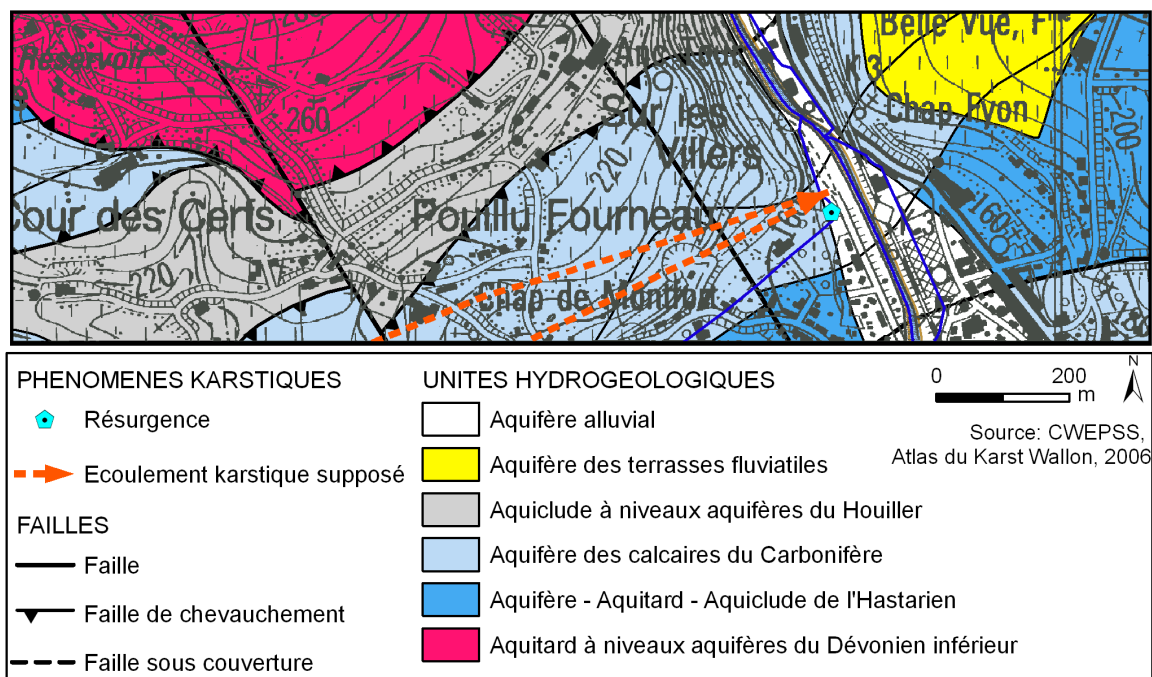


Figure IV.13: Système karstique de Wislé-Juslenville (Theux, carte Fléron-Verviers)

Au nord-est de Dison, un réseau de type 'chantoir-résurgence' s'est développé (figure IV.8, 428s5). Le ruisseau des Prés du Mont s'écoule du nord vers le sud, d'abord sur les terrains du Houiller. Ensuite sur les formations calcaires, son parcours devient plus complexe, alternant les passages aériens et souterrains. Rapidement, dès son entrée sur les calcaires, les eaux s'infiltrent dans le sol par les chantoirs de Clisore. En aval, la grotte de Bebronne sert de résurgence de crue. Les eaux s'écoulent alors une vingtaine de mètres en surface, avant de s'engouffrer à nouveau via la perte du Troquay dans le sol pour ressortir à la résurgence du même nom. Quand le débit est plus important, l'eau reste en surface depuis la Grotte Bebronne, la perte ne pouvant plus absorber tout le débit.

Au sud d'Heusy, dans le synclinal calcaire dévonien (Givetien), un vaste champ de dolines d'effondrement et de tassement est observé (figure IV.8). Ces dolines sont alignées au droit de vallons secs. En période de fortes pluies, des mares résiduelles apparaissent dans quelques-unes et un ruisseau non pérenne s'écoule avant de se perdre de manière diffuse. Ces observations attestent de la présence d'une circulation d'eau souterraine. En outre, l'activité karstique n'est pas négligeable comme en témoigne les nombreuses traces de phénomènes karstiques récentes (CWPSS, FPMs, ULg, 1995-2005). Ce site est aussi appelé "La Bouquette" ou "Moraifosse".

IV.2.4. Aquifère des grès du Famennien – Aquitard du Famennien-Frasnien

Les terrains schisto-gréseux du Famennien affleurent sur environ un quart de la carte Fléron-Verviers en une large bande ($\approx 2,5$ km) orientée WSW-NE. Ces unités hydrogéologiques sont situées dans le bassin de la Vesdre.

D'un point de vue hydrogéologique, on distingue deux types de nappes dans ces terrains: la nappe d'altération 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 constituer un aquifère superficiel 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 seconde est due à la phase tectonique hercynienne induisant un taux de fissuration élevé, particulièrement intéressant 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 affectent les passées plus gréseuses. Elles permettent alors de stocker et/ou drainer des quantités d'eau importantes.

Parmi les quelques mesures piézométriques disponibles, on relève quelques niveaux d'eau peu profonds, entre 1,5 et 10,5 m par rapport à la surface topographique. Ces mesures indiquent une nappe subaffleurante logée dans les terrains altérés. Il est à noter que ces hauteurs piézométriques ont été observées tant dans des puits traditionnels (généralement peu profonds) que dans des puits forés (plus profonds). Ainsi, il est probable que ces derniers, s'ils sont crépinés sur toute leur hauteur, sollicitent tant la nappe logée dans le manteau d'altération que celle logée dans les horizons fracturés plus profonds. Néanmoins, ne disposant pas de données d'épaisseur de la frange altérée spatialement distribuées, cette hypothèse ne peut être explicitement validée.

La majorité des ouvrages plus profonds visités présentent cependant des niveaux d'eau nettement plus bas et concernent principalement l'aquifère gréseux du Famennien. Les profondeurs d'eau observées sont comprises entre 23,8 et 87,1 m par rapport au sol. Ces niveaux d'eau caractérisent la nappe logée dans les terrains fracturés du bed-rock gréseux. Ne disposant pas des logs de forages des puits relevés, il est difficile de statuer sur le caractère semi-captif de la nappe. Mais d'après la lithologie générale de cette unité hydrogéologique, on peut supposer que les quelques horizons plus argileux mettent vraisemblablement la nappe logée dans les niveaux gréseux et grésocalcaires sous pression.

A Cornesse-Wegnez, sur la commune de Pepinster, la SWDE possède un site de captage, d'intérêt local (débit moyen: $250 \text{ m}^3/\text{j}$): Chabotte-Doux Fonds (figure IV.14). Ses drains et galeries captent les eaux des terrains schisto-gréseux du Massif de la Vesdre. D'après les données disponibles, ces ouvrages de prise d'eau sollicitent l'aquitard du Famennien-Frasnien. Implantée dans la vallée du Grand Ri (affluent direct de la Vesdre), la galerie 'Doux-Fonds', longue d'une trentaine de mètres (Z_{radier} : 193,18 m), capte une émergence à la limite entre les Formations de Souverain-Pré et Montfort-Evieux. Ce captage ne semble pas alimenté par le ruisseau. En rive droite du Grand Ri, au débouché d'un thalweg à quelques dizaines de mètres en amont d'un étang, se trouvent les

captages de Chabotte. Plusieurs sources, rapprochées mais à des altitudes différentes, sont captées par des drains et des galeries (Z: 195 à 202 m). Une faille NW-SE, traversant le site, a déplacé le compartiment Est vers le bas par rapport au compartiment Ouest. Cette zone failleuse a donc provoqué le décrochement des différents compartiments aquifères expliquant ainsi probablement l'apparition de sources à différentes altitudes. En outre, sur base des données hydrochimiques et des données piézométriques, les deux sites de captages (Doux Fonds et Chabotte, toujours actifs), seraient alimentés par différents compartiments de l'aquifère. Au sud de ces sites, la galerie 'Grande Fontaine' n'est plus exploitée depuis 1994.

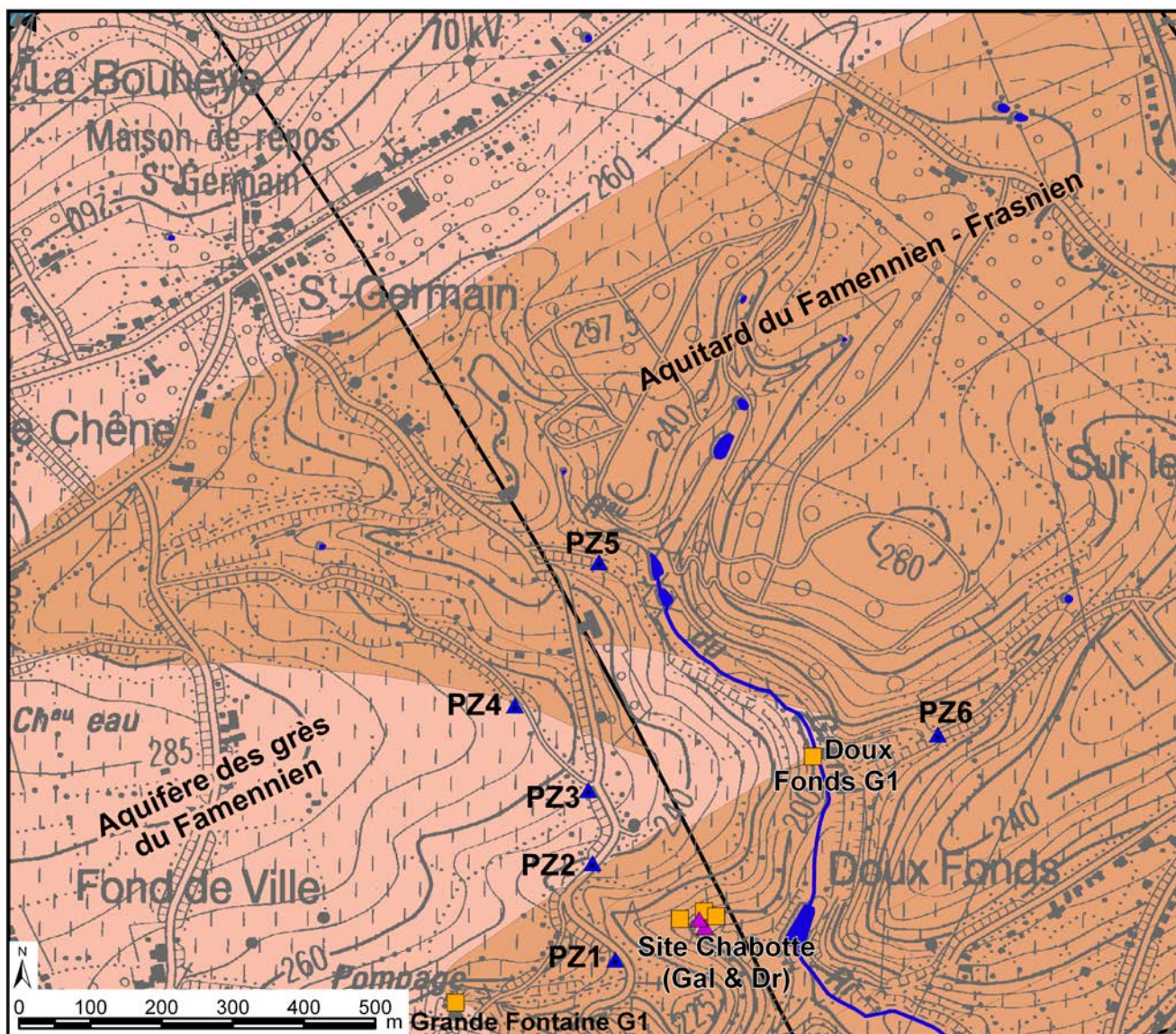


Figure IV.14: Site de captage de Chabotte-Doux Fonds (Pepinster – SWDE)

Lors de l'établissement des zones de prévention, six piézomètres ont été forés (SWDE, 1998). Ponctuellement, le niveau d'eau y a été relevé (figure IV.15). Indépendamment de la profondeur des forages, on constate que la surface piézométrique de la nappe se situe à des niveaux différents. Aux piézomètres Pz1, Pz2, Pz3, la nappe est assez basse, entre 30 m et 44 m sous la surface topographique. Par contre, les forages Pz4, Pz5 et Pz6 présentent un niveau d'eau

l'écoulement des eaux souterraines est dirigé vers la vallée du Grand Ri et les prises d'eau. Néanmoins, il faut distinguer la cote piézométrique de Pz4, particulièrement élevée par rapport aux hauteurs observées dans les autres forages pourtant assez proches (distance Pz3-Pz4: 160 m). Cette différence importante des hauteurs piézométriques est probablement liée à l'existence de nappes distinctes séparées par des niveaux moins perméables. La géométrie de ces nappes dépend ainsi de la structure géologique des terrains (direction et pendage des bancs, failles). La conductivité hydraulique déterminée par un essai de pompage sur le Pz4 est très faible, de l'ordre de $5,5 \times 10^{-7}$ m/s mais pouvant descendre à $9,3 \times 10^{-8}$ m/s (valeurs calculées d'après les données de transmissivité en estimant l'épaisseur saturée à 54 m, hauteur crépinée)(SWDE, 1998). Les essais de pompage menés dans les autres forages n'ont pas été concluants par suite du tarissement rapide des puits, même à très faibles débits). Des tests de traçage ont également eu lieu. Les piézomètres Pz2, Pz4, Pz5 et Pz6 ont servi de points d'injection (GEOLOGICA, 2001). Après sept semaines d'échantillonnage aux deux prises d'eau, aucune restitution n'a été détectée. Cette absence de restitution semble donc en adéquation avec les faibles valeurs de perméabilité observées. Elle met aussi en évidence qu'aucun axe de circulation préférentielle de la nappe ne passe à proximité de ces forages.

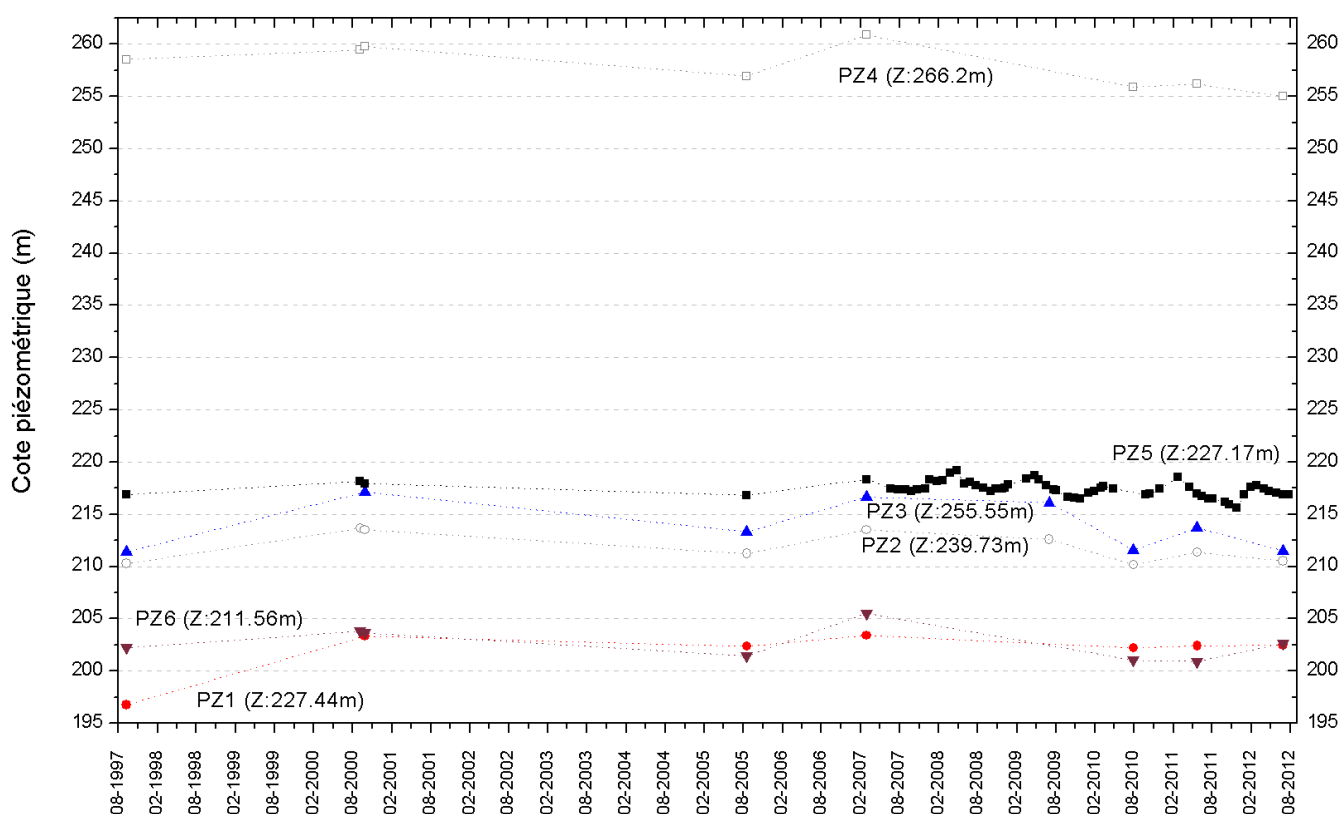


Figure IV.15: Fluctuations piézométriques de la nappe schisto-gréseuse du Massif de la Vesdre (Site Chabotte, Pepinster)

Depuis 2007, le forage PZ5 fait l'objet d'un suivi régulier (figure IV.16). Ce piézomètre est situé dans l'axe de la vallée en amont des sites de captage et est implanté dans l'aquitard du Famennien (prof.: 40,8 m). La nappe se situe à une dizaine de mètres de la surface topographique. Les hautes

eaux sont observées au printemps-été et les basses eaux en automne-hiver. Durant la période de suivi, le battement annuel de la nappe est de l'ordre de 1,5 à 2 m, avec un maximum de 3 m.

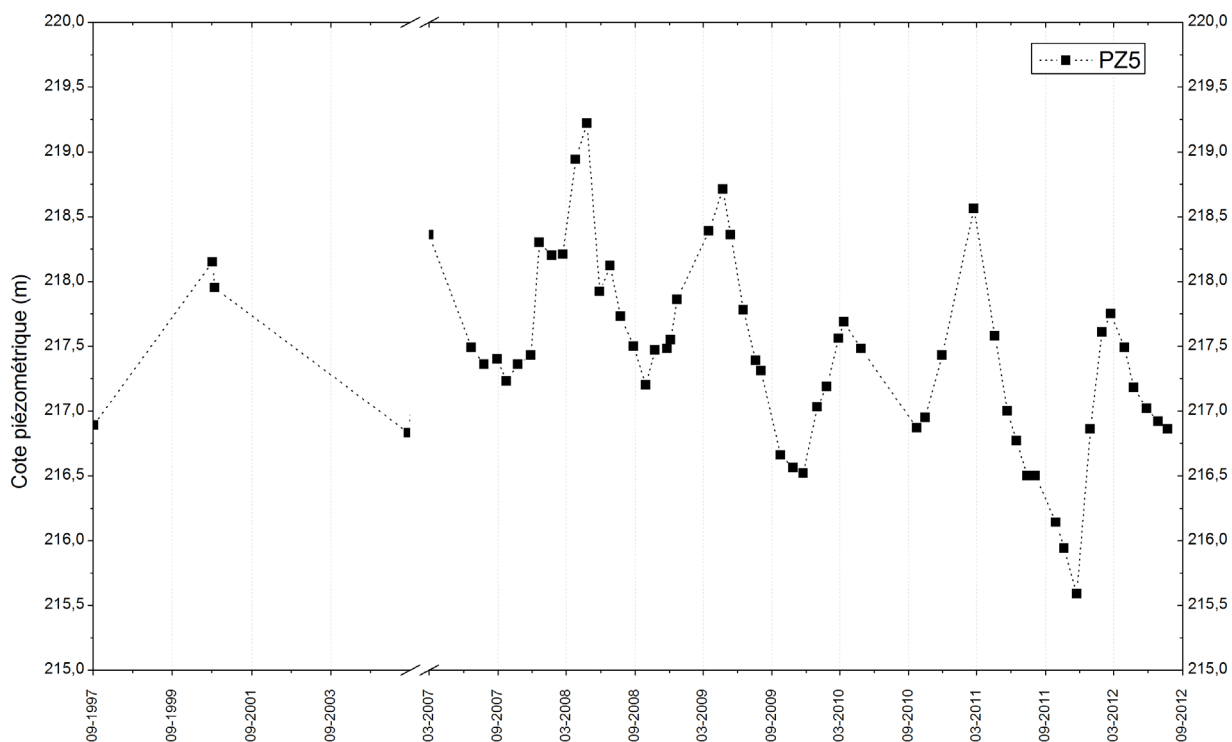


Figure IV.16: Fluctuations piézométriques du forage Pz5-Chabotte

IV.2.5. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

L'aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur est peu exploité sur la carte Fléron-Verviers. Peu d'ouvrages y sont recensés. Outre quelques captages privés, quelques prises d'eau de la commune de Theux sont implantées dans cette unité hydrogéologique. Il s'agit de drains et de galeries drainantes de longueur moyenne, comprise entre 10 et 20 m (d'après les renseignements connus et fournis par le fontainier). Ils ont été mis hors service pour des raisons de vétusté des infrastructures et/ou de productivité par rapport aux autres captages communaux. Dès lors, aucune étude hydrogéologique conséquente n'a été entreprise. On dispose donc de peu de données pour préciser le comportement hydrogéologique de ces terrains (niveaux d'eau, paramètres hydrodynamiques...).

Deux types de nappes se rencontrent généralement dans ces terrains, de nature schisto-gréseuse et quartzitique.

- 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 antérieures). Ce type d'aquifère est très vulnérable aux activités anthropiques. Cette nappe sera davantage exploitée via des drains et des galeries, voire par des puits peu profonds.

- 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. Cet aquifère sera généralement exploité via des puits forés. Cependant, à la faveur de failles ou d'un niveau rocheux moins perméable, des venues d'eau peuvent apparaître en surface et s'écouler dans le réseau hydrographique de surface.

Sur la commune de Pepinster, à l'est de Tancremont, se trouve un ancien dépotoir, les Bagneures. En 1995, une étude hydrogéologique sommaire y a été réalisée (LGIH, 1995). Les interprétations des prospections électriques et sismiques ont abouti à la détermination de la nature des terrains et à l'estimation des épaisseurs. Ainsi l'épaisseur des terrains meubles varie entre 2 et 11 m (sur les versants). Ils sont composés de limons de surface, de colluvium et du bed-rock très altéré (de nature plutôt sableuse). A l'est du site, deux sources ont été localisées (figure IV.17). Elles naissent à la rupture de pente entre le plateau et le versant, à la limite entre l'aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur (Formation de Bois d'Ausse) et l'aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur (Formation de Marteau). La source S1 a été jaugée pendant quelques jours en avril 1995. Les débits journaliers mesurés sont de l'ordre de 300-350 m³. L'analyse de l'échantillon prélevé à ce moment-là laisse supposer une légère pollution de la nappe superficielle (logée dans le manteau d'altération) par la décharge. Ne disposant pas de suivi tant quantitatif que qualitatif, il est impossible de statuer sur l'état environnemental actuel du site.

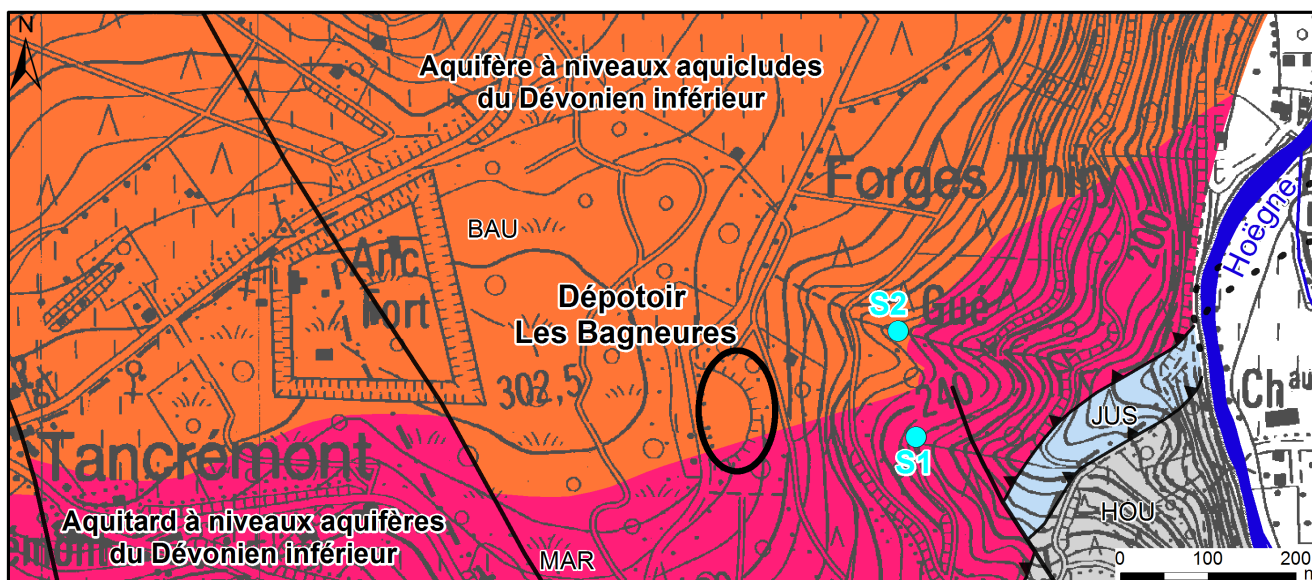


Figure IV.17: Site 'Les Bagneures' (Pepinster)

IV.2.6. Coupe hydrogéologique

Une coupe est présentée sur le poster de la carte hydrogéologique Fléron-Verviers, tirée de la carte géologique de Laloux et *al.* (1996)(coupe b). Cette coupe est dressée sans facteur d'exagération des hauteurs (coupe 1/1). Son échelle est 1/25.000. Elle permet de comprendre dans son ensemble le contexte géologique de la région. Les grands structures géologiques y apparaissent (plis, failles).

La coupe hydrogéologique de la carte Fléron-Verviers est orientée perpendiculairement à l'axe des structures et implantée de manière à éviter tout accident transversal. Elle traverse la carte étudiée de part en part, depuis les terrains mésozoïques, au nord, jusqu'aux formations dévoniennes, au sud-sud-est. Les grandes unités géologiques (essentiellement structurales) de la zone sont traversées. Du nord au sud, on observe le Massif de Herve puis celui de la Vesdre et enfin, la Fenêtre de Theux. La coupe montre également que la couverture du Mésozoïque a un pendage général faiblement incliné vers le nord. Hydrographiquement, la coupe passe par les vallées de la Magne, du Bola, du Pissard et de la Vesdre, dont l'une des terrasses est mise en évidence sur la coupe (en rive droite).

Concernant l'hydrogéologie des terrains du Mésozoïque, sur le tracé de la coupe, les niveaux d'eau mesurés montrent un système hydrogéologique continu (aquifère du Crétacé indifférencié). La nappe se développe tant dans la Formation de Gulpen (GUL) que dans la Formation de Vaals (VAA) (figure IV.18). Cette dernière est ici moins argileuse et ne peut être considérée comme aquiclude. Elle sera considérée dès lors comme aquitard. Au contact avec les roches schisto-gréseuses du Houiller (HOU), de sources sont souvent observées. Elles jouent le rôle d'exutoire de la nappe.

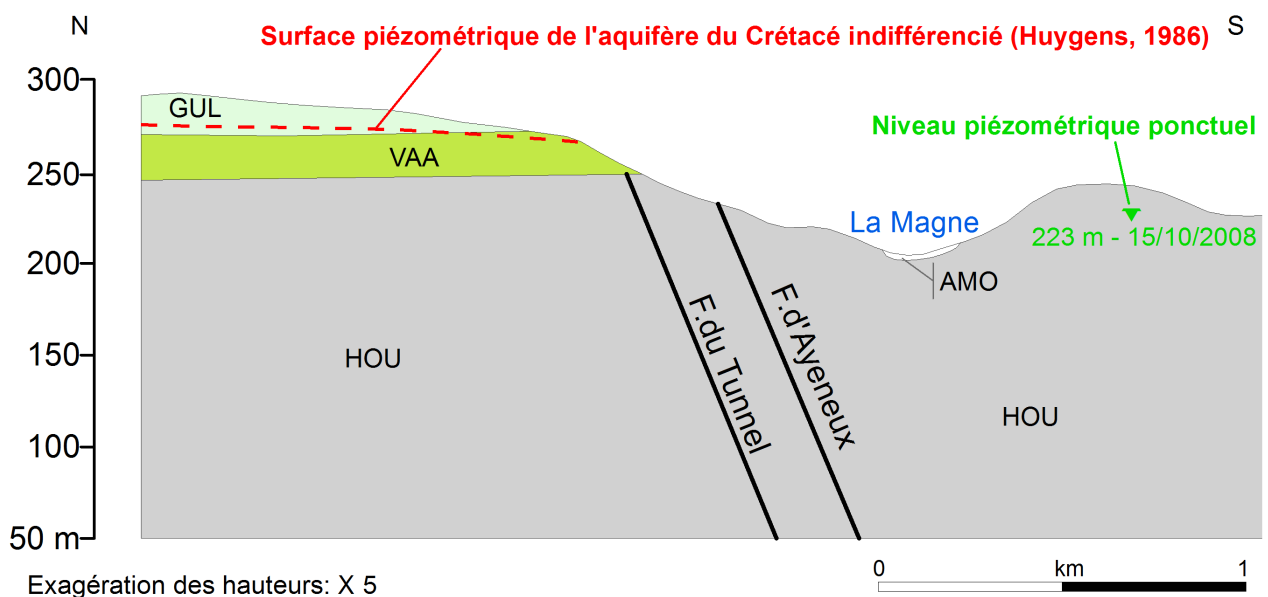


Figure IV.18: Extrait, avec exagération des hauteurs, de la coupe hydrogéologique

A propos des autres unités hydrogéologiques, on ne dispose pas de données piézométriques suffisantes qui permettent de tracer l'allure du toit de la nappe. Sur le tracé de la coupe, quelques niveaux d'eau sont disponibles localement au droit de puits localisés dans les formations du Houiller, des grès du Famennien. Ils sont reportés sur la coupe hydrogéologique.

IV.2.7. Piézométrie de la carte Fléron-Verviers

Les données piézométriques disponibles sont peu nombreuses pour les unités hydrogéologiques de la carte Fléron-Verviers, excepté pour l'aquifère du Crétacé indifférencié. Ces données sont de deux types: soit linéaire (isopièzes), soit ponctuel (cote piézométrique). Des isopièzes n'ont pu être tracés que pour l'aquifère du Crétacé indifférencié, avec une équidistance de 5 m (Huygens, 1986). Les données piézométriques éparses, tant dans le temps que dans l'espace, combinées à un contexte hydrogéologique complexe, ne permettent pas de tracer des isopièzes pour les unités hydrogéologiques du Paléozoïque. Dès lors, les cotes ponctuelles, avec la date de prise de la mesure, sont reportées sur la carte principale (1/25.000).

L'analyse de la carte piézométrique de 1986 de l'aquifère du Crétacé indifférencié montre que l'écoulement général de la nappe suit l'inclinaison des couches géologiques, soit vers le nord-nord-ouest. La surface piézométrique est localement rabattue par le réseau hydrographique (drainage par les ruisseaux). Les gradients piézométriques observés sur la carte étudiée sont plus élevés sur les versants (6,3 à 9,4 %) que sur les plateaux ou interfluves (1,2 et 1,8 %).

Une carte piézométrique complète n'a pu être dressée pour les autres unités hydrogéologiques présentes sur la carte Fléron-Verviers. Des niveaux d'eau ont pu être relevés dans quelques puits accessibles (répartition très hétérogène). 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. Localement, là où l'information est plus dense, il est possible de préciser le sens d'écoulement des eaux souterraines et de mettre en évidence l'influence des captages et des failles. Sur les sites de Cornesse-Wegnez (terrains schisto-gréseux du Famennien, [paragraphe IV.2.4](#)) et de Chinchotte (terrains calcaires du Carbonifère, [paragraphe IV.2.3](#)), les valeurs piézométriques observées ont montré que l'écoulement est dirigé vers les ruisseaux, respectivement, du Grand Ri et de Vaulx, et vers les prises d'eau. Cependant, des décrochements piézométriques liés à l'existence probable de nappes distinctes séparées par des horizons aquicludes sont constatés.

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. 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-gréseuse, 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 90 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.

La cyclicité des fluctuations piézométriques est étudiée à partir des chroniques piézométriques, si celles-ci sont suffisamment régulières dans le temps. D'après les données disponibles, les évolutions piézométriques des puits de la carte Fléron-Verviers montrent que les basses eaux ont lieu en automne-hiver et les hautes eaux au printemps (cyclicité annuelle – fluctuations saisonnières). Les données ne permettent pas de définir s'il existe une cyclicité interannuelle, la période d'observation est trop courte.

V. CADRE HYDROCHIMIQUE

Les analyses chimiques présentées dans les paragraphes suivants ont été réalisées sur des eaux brutes, non encore 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 (AGW⁹ 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.

Plusieurs 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. Notons que quelques carrières sont encore en activité dans la région.

Un inventaire de ces données est disponible auprès des autorités régionales (DGARNE et DGATLPE). 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/>. Depuis 1998, la DGARNE a mis en place un réseau de contrôle des centres d'enfouissement technique (C.E.T.). Ce réseau est géré par l'ISSeP. Des informations sont disponibles via le portail Web du Service Public Wallon: <http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/>.

Dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive cadre sur l'eau (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. Sur le territoire couvert par la carte, on compte cinq sites. Un appartient à la masse d'eau souterraine du Crétacé du Pays de Herve ([RWM151](#)), les quatre autres à la masse d'eau souterraine des calcaires et des grès du bassin de la Vesdre ([RWM142](#)).

⁹ AGW: Arrêté du Gouvernement Wallon

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 est appliquée à plusieurs prises d'eau souterraine de la carte Fléron-Verviers. Le résultat est présenté à la figure V.1. Il s'agit d'un aperçu partiel de la composition chimique des eaux souterraines de la cette région. De fait, nous ne disposons d'analyses chimiques des eaux de l'ensemble des unités hydrogéologiques définies. Selon les données hydrochimiques disponibles, on constate que les eaux souterraines de la carte Fléron-Verviers sont essentiellement de type bicarbonaté calcique et magnésienne. Certaines eaux ont cependant un caractère sulfaté et/ou chloré plus marqué (Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller et Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur).

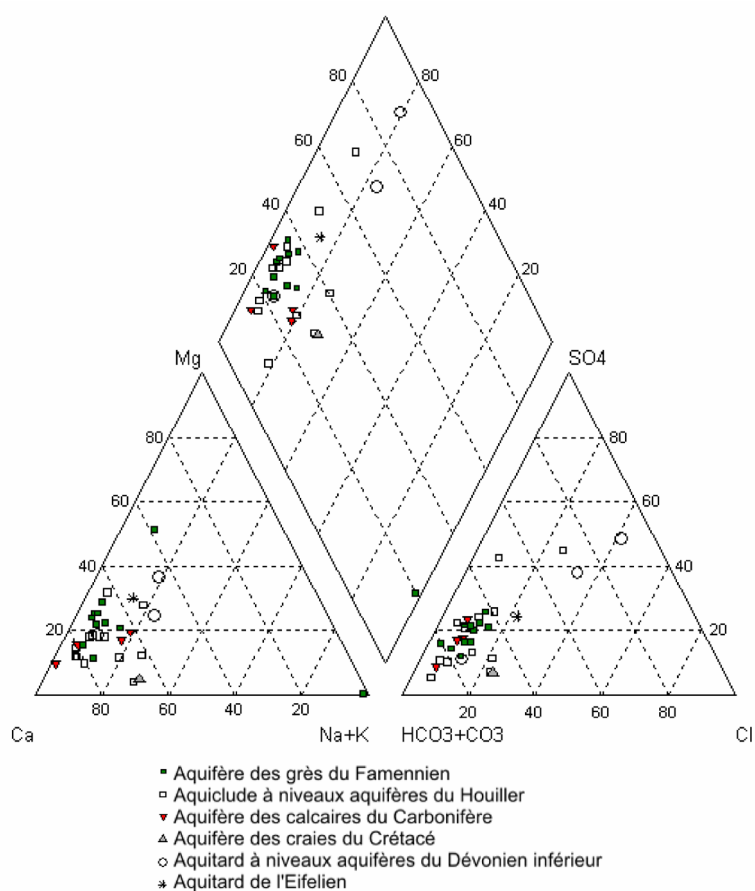


Figure V.1: Diagramme de Piper des eaux souterraines de la carte Fléron-Verviers

V.1.2. Aquifères du Crétacé

D'une manière générale, les eaux de la nappe du Crétacé, toutes formations confondues, sont de type bicarbonaté calcique (Ca-HCO₃). En fonction des couches géologiques traversées, leur composition chimique peut légèrement varier. Il faut aussi noter que les activités anthropiques influencent fortement la qualité de l'eau.

Les eaux de la nappe des craies du Crétacé présentent une dureté moyenne à élevée (25 à 45°F). Ce type d'eau provient de la dissolution des sédiments et fragments calcaires contenus dans ces couches. Cette dissolution provoque l'augmentation des teneurs en ions Ca²⁺ et HCO₃⁻ (bicarbonates). Les aquifères contenus dans des dépôts marins calcaireux sont caractérisés par un pH neutre à légèrement basique (Interreg II, 2000).

Tableau V.1: Caractéristiques hydrochimiques de la nappe des craies du Crétacé

Elément	Unité	Niveau-guide RW	FLE1
		Code de l'Eau	17/05/2010
pH	unités pH	6,5 à 9,5	7,41
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	649
Dureté totale (TH)	° français	67,5	29,9
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	17,9
Calcium	mg/l	270*	110
Magnésium	mg/l	50*	5,7
Sodium	mg/l	150	22
Potassium	mg/l	12	26
Bicarbonates	mg/l	-	163 (1986)
Strontium	µg/l	750**	209
Fer total dissous	µg/l	200*	1
Manganèse	µg/l	50*	6
Sulfates	mg/l	250*	105
Chlorures	mg/l	200	16,1
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	0,14
Nitrates	mg/l	50	60
Nitrites	mg/l	0,1	<0,1
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,5

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

A défaut de données sur l'hydrochimie des autres nappes du Crétacé, les conclusions d'une étude globale sur la qualité de l'eau souterraine d'aquifères transfrontaliers entre la Belgique et les Pays-Bas réalisée en 2000, dans le cadre d'un projet 'Interreg II', sont reprises. Les eaux issues des Formations de Vaals et d'Aachen, de type Ca-HCO₃, présentent un pH neutre à alcalin (valeur médiane : 7,4). Cette eau est relativement dure, dû essentiellement à la percolation à travers la Formation de Gulpen. Les concentrations en magnésium sont normales et la valeur médiane des teneurs en sulfates est d'environ 50 mg/l, les phosphates sont présents en faible quantité (valeur médiane : 0,1 mg/l).

V.1.3. Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

Sur la carte Fléron-Verviers, plusieurs ouvrages privés sollicitent les eaux logées dans l'aquiclude à niveaux aquifères du Houiller. Il s'agit tant de puits traditionnels peu profonds que de puits forés pouvant atteindre plus de 100 m de profondeur. Quelques analyses chimiques des eaux souterraines de ces puits sont reprises au tableau V.2. En général, les eaux du Houiller sont caractérisées par un pH acide et sont souvent chargées en SO₄, Ca, Mg, Na, Cl et Fe. Les données reprises dans le tableau V.2 montrent des pH neutres à basiques et des teneurs en sulfates, fer, manganèse... parfois assez faibles. Les puits 'Faweux' et 'Commune' se distinguent particulièrement. Leur pH basique doit être mis en relation avec les concentrations en bicarbonates et carbonates de leurs eaux. Ces forages profonds (Faweux: 130 m, Commune: 90 m) recoupent très probablement des horizons marqués par la présence de concrétions carbonatées au sein des roches schisto-gréseuses du Houiller.

Tableau V.2: Caractéristiques hydrochimiques des eaux du Houiller

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Riessonsart	Evêque	Faweux	Commune
		Code de l'Eau	17/08/2009	15/10/2008	05/11/2008	18/02/2009
pH	unités pH	6,5 à 9,5	7,88	7,62	8,18	8,26
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	131	109	395	614
Dureté totale (TH)	° français	67,5	6,4	4,1	22,5	38,5
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	4,9	2,3	15,7	28,8
Calcium	mg/l	270*	21,84	13,66	59,82	130,70
Magnésium	mg/l	50*	2,21	1,63	18,38	14,28
Sodium	mg/l	150	4,81	3,95	5,09	5,37
Potassium	mg/l	12	3,75	4,32	1,91	6,24
Bicarbonates	mg/l	-	59,2	27,86	188,14	344,03
Carbonates	mg/l	-	0,25	0,064	1,57	3,45
Strontium	µg/l	750**	<50	14	80	380
Fer total dissous	µg/l	200*	4	4	10	20
Manganèse	µg/l	50*	<10	<10	<10	<10
Sulfates	mg/l	250*	8,6	9,61	56,43	85,28
Chlorures	mg/l	200	6,84	4,07	18,87	15,26
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Nitrates	mg/l	50	11,91	20,61	<0,3	<0,3
Nitrites	mg/l	0,1	<0,2	<0,2	<0,2	0,85
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Silice	mg/l SiO ₂	-	0,46	2,62	12,4	13,2

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

V.1.4. Aquifère des calcaires du Carbonifère

L'unité hydrogéologique des calcaires du Carbonifère se répartit en deux entités distinctes. Dans la moitié nord de la carte Fléron-Verviers, se trouve le Massif de la Vesdre. Au sud, au sein de la vallée de la Hoëgne, on observe les calcaires de la Fenêtre de Theux. Les eaux souterraines issues de ces aquifères sont de type bicarbonaté calcique, avec un pH neutre à alcalin et de dureté et conductivité élevées.

Le tableau V.3 reprend quelques analyses hydrochimiques des eaux de la nappe du calcaire carbonifère du Massif de la Vesdre. Le captage de Chinchotte sollicite plus précisément les eaux logées dans les formations carbonatées de l'Hastarien. Les teneurs en nitrates y sont relativement élevées et doivent être surveillées. Le puits 'Clisore', profond de 105 m, traverse d'abord sur une soixantaine de mètres les schistes houillers avant d'atteindre les calcaires. Les paramètres chimiques de l'échantillon d'eau prélevé à ce point reflètent cette lithologie. La conductivité, la dureté, l'alcalinité et les concentrations de plusieurs ions y sont plus basses.

Tableau V.3: Caractéristiques hydrochimiques de la nappe des calcaires du Carbonifère (Massif de la Vesdre)

Élément	Unité	Niveau-guide RW	Chinchotte G1	Fief	Clisore A
		Code de l'Eau	28/11/2012	05/11/2008	18/02/2009
pH	unités pH	6,5 à 9,5	7,51	8	8,07
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	686	629	261
Dureté totale (TH)	° français	67,5	40,3	32,2	15,2
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	33,6	25,6	13,3
Calcium	mg/l	270*	94,3	102,41	50,62
Magnésium	mg/l	50*	40,53	16,11	6,02
Sodium	mg/l	150	5,6	16,46	2,84
Potassium	mg/l	12	3,1	24,47	1,14
Bicarbonates	mg/l	-	-	308,61	159,98
Carbonates	mg/l	-	-	1,7	1,04
Strontium	µg/l	750**	73,3	180	80
Fer total dissous	µg/l	200*	<12	<10	10
Manganèse	µg/l	50*	<0,1	<10	<10
Sulfates	mg/l	250*	42,4	58,64	12,99
Chlorures	mg/l	200	12,9	24,35	6,68
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	0,08	<0,2	<0,2
Nitrates	mg/l	50	39,1	11,4	8,09
Nitrites	mg/l	0,1	<0,04	<0,2	<0,2
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,02	<0,1	<0,1
Silice	mg/l SiO ₂	-	8,3	11,4	8,09

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

Plusieurs prises d'eau sollicitent la nappe des calcaires carbonifères de la Fenêtre de Theux. Quelques données hydrochimiques sont disponibles et reprises dans le tableau V.4. La dureté, l'alcalinité, la conductivité de ces eaux sont moyennes, le pH neutre à basique. La galerie Rocheux draine les eaux d'exhaure d'anciennes mines de Pb-Zn-Fe d'Oneux. Ceci explique le pH acide, parfois observé, et les concentrations élevées de certains éléments majeurs. Un traitement adéquat est requis.

Tableau V.4: Caractéristiques hydrochimiques de la nappe des calcaires du Carbonifère (Fenêtre de Theux)

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Tricnotte	Rocheux G1	Pouillou
		Code de l'Eau	25/02/2010	25/09/2012	18/02/2009
pH	unités pH	6,5 à 9,5	8,14	7,82	8,28
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	442	405	549
Dureté totale (TH)	° français	67,5	21,9	22,8	32,3
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	20,6	18,7	23,5
Calcium	mg/l	270*	66,71	71,2	116,92
Magnésium	mg/l	50*	12,72	12,2	7,57
Sodium	mg/l	150	21,56	15,9	<0,02
Potassium	mg/l	12	2,44	2,8	3,96
Bicarbonates	mg/l	-	247,28	-	280,44
Carbonates	mg/l	-	1,88	-	2,95
Strontium	µg/l	750**	150	243,5	170
Fer total dissous	µg/l	200*	40	100	50
Manganèse	µg/l	50*		18,9	10
Zinc	µg/l	5000		393	
Plomb	µg/l	25		0,6	
Sulfates	mg/l	250*	44,85	42,3	76,38
Chlorures	mg/l	200	15,63	13,3	18,89
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	0,35	0,29	<0,2
Nitrates	mg/l	50	<0,3	6,2	2,39
Nitrites	mg/l	0,1	<0,2	<0,04	<0,2
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,2	<0,02	<0,1
Silice	mg/l SiO ₂	-	10,1	10,2	9,41

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

V.1.5. Aquifère des grès du Famennien

Les eaux logées dans les formations gréseuses du Famennien présentent généralement une minéralisation moyenne, avec un pH neutre à basique. Les teneurs, parfois importantes, en calcium et en bicarbonates peuvent être dues au ciment calcaire présent dans les grès. Les concentrations en nitrates, indicateur de pollution anthropique, sont élevées à très élevées.

Tableau V.5: Caractéristiques hydrochimiques de la nappe des grès du Famennien

Élément	Unité	Niveau-guide RW	Chabotte (drains et galeries)	Doux Fonds G1	Hansez	Fond de ville	Clisore B
		Code de l'Eau	21/03/2012	11/10/2012	05/11/2008	19/09/2009	18/02/2009
pH	unités pH	6,5 à 9,5	7,53	7,42	8,22	7,96	8,31
Conductivité	μS/cm à 20°C	2100	517	370	429	365	562
Dureté totale (TH)	° français	67,5	29,6	21,4	22,7	19,1	30,6
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	21	14	14,5	13,4	15,3
Calcium	mg/l	270*	104,9	68,7	39,22	66,7	89,88
Magnésium	mg/l	50*	8,3	10,3	31,41	5,9	19,79
Sodium	mg/l	150	7,4	7,2	9,87	8,1	6,29
Potassium	mg/l	12	1,7	2,8	2,58	6,2	1,67
Bicarbonates	mg/l	-	-	-	173,45	161,68	182,23
Carbonates	mg/l	-	-	-	1,59	0,814	2,05
Strontium	μg/l	750**	139,2	117,9	60	85	140
Fer total dissous	μg/l	200*	24	28	10	<10	<10
Manganèse	μg/l	50*	<0,1	1	<10	<10	<10
Sulfates	mg/l	250*	28,9	31,6	57,77	29,9	48,81
Chlorures	mg/l	200	15,5	10,7	19,95	16,64	26,1
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	<0,05	0,07	<0,2	<0,2	<0,2
Nitrates	mg/l	50	61	33,4	31,81	39,03	100,7
Nitrites	mg/l	0,1	<0,04	<0,04	<0,2	<0,2	<0,2
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,02	<0,02	2,2	<0,5	<0,1
Silice	mg/l SiO ₂	-	14,6	12	13,9	4,86	9,73

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

V.1.6. Aquifère des calcaires du Givetien

L'aquifère des calcaires du Givetien est très peu exploité dans la région de Fléron-Verviers. On n'y compte que quelques prises d'eau dont le drain 'Haveigné' à Sprimont (SWDE). Le tableau V.6 reprend une analyse des éléments majeurs de ce captage. Il s'agit d'une eau bicarbonatée calcique magnésienne. Cette eau dure présente un taux d'alcalinité élevée et un pH légèrement basique. La concentration en nitrates ne dépasse pas la norme admise, mais elle reste néanmoins à surveiller.

Tableau V.6: Caractéristiques hydrochimiques de la nappe des calcaires du Givetien

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Haveigné Dr
		Code de l'Eau	30/05/2012
pH	unités pH	6,5 à 9,5	7,24
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	527
Dureté totale (TH)	° français	67,5	34,2
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	28,2
Calcium	mg/l	270*	117,2
Magnésium	mg/l	50*	11,9
Sodium	mg/l	150	6,2
Potassium	mg/l	12	0,9
Bicarbonates	mg/l	-	-
Carbonates	mg/l	-	-
Strontium	µg/l	750**	88
Fer total dissous	µg/l	200*	15
Manganèse	µg/l	50*	0,3
Sulfates	mg/l	250*	23,8
Chlorures	mg/l	200	14,2
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	0,12
Nitrates	mg/l	50	31,6
Nitrites	mg/l	0,1	<0,04
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,02
Silice	mg/l SiO ₂	-	9

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

V.1.7. Aquitard de l'Eifelien

Peu de captages sont implantés dans l'aquitard de l'Eifelien. Le puits 'Charneux', puits traditionnel d'un mètre de profondeur, sollicite seulement la partie superficielle de cette unité (zone altérée). Les résultats hydrochimiques de l'échantillon prélevé en été 2009 montre que cette eau est peu à moyennement minéralisée, de pH alcalin, de dureté et alcalinité moyennes (tableau V.7).

Tableau V.7: Caractéristiques hydrochimiques des eaux de l'aquitard de l'Eifelien

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Charneux
		Code de l'Eau	19/08/2009
pH	unités pH	6,5 à 9,5	8,12
Conductivité	μS/cm à 20°C	2100	337
Dureté totale (TH)	° français	67,5	16,3
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	9,5
Calcium	mg/l	270*	42,5
Magnésium	mg/l	50*	13,9
Sodium	mg/l	150	12,01
Potassium	mg/l	12	1,15
Bicarbonates	mg/l	-	114,07
Carbonates	mg/l	-	0,83
Strontium	μg/l	750**	43
Fer total dissous	μg/l	200*	12
Manganèse	μg/l	50*	<10
Sulfates	mg/l	250*	41,4
Chlorures	mg/l	200	28,5
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	<0,2
Nitrates	mg/l	50	24,04
Nitrites	mg/l	0,1	<0,2
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,5
Silice	mg/l SiO ₂	-	4,46

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

V.1.8. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Quelques captages sont implantés dans l'aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur. La commune de Theux en possède quelques-uns, tous hors service mais toujours accessibles. Il s'agit de drains et de galeries. Au tableau V.8, sont repris les résultats des analyses de ces ouvrages. Les eaux issues de cette unité hydrogéologique sont peu minéralisées avec une dureté et une alcalinité faible. Le pH est acide sauf pour la galerie Jacquemain (pH basique dû aux carbonates et bicarbonates).

Tableau V.8: Caractéristiques hydrochimiques des eaux de l'aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Bouhon	Jacquemain	Foxhalles
		Code de l'Eau	25/02/2010	25/02/2010	25/02/2010
pH	unités pH	6,5 à 9,5	7,4	8,11	6,6
Conductivité	μS/cm à 20°C	2100	146	225	178
Dureté totale (TH)	° français	67,5	5,4	11,4	6,9
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	1,5	8,7	0,5
Calcium	mg/l	270*	14,72	36,3	15,08
Magnésium	mg/l	50*	4,23	5,73	7,55
Sodium	mg/l	150	6,52	5,61	6,16
Potassium	mg/l	12	1,81	1,33	1,87
Bicarbonates	mg/l	-	18,23	104,5	6,1
Carbonates	mg/l	-	0,03	0,74	0
Strontium	μg/l	750**	20	20	20
Fer total dissous	μg/l	200*	<10	40	10
Manganèse	μg/l	50*	<10	<10	<10
Sulfates	mg/l	250*	19,25	12,11	23,61
Chlorures	mg/l	200	15,56	9,93	14,81
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	0,67	0,73	<0,2
Nitrates	mg/l	50	25,12	17,02	44,47
Nitrites	mg/l	0,1	<0,2	<0,2	<0,2
Ammonium	mg/l	0,5*	0,6	0,33	0,32
Silice	mg/l SiO ₂	-	5,75	7,39	3,82

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

II.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.2). 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 code de "bonne pratique agricole". Pour plus d'informations, voir www.nitrawal.be.

Le territoire du Pays de Herve a été désigné comme "zone vulnérable aux nitrates" par le gouvernement wallon (AGW 28 février 2006, délimitation de la zone; AGW 22 novembre 2012, extension de la zone)(figure V.2).

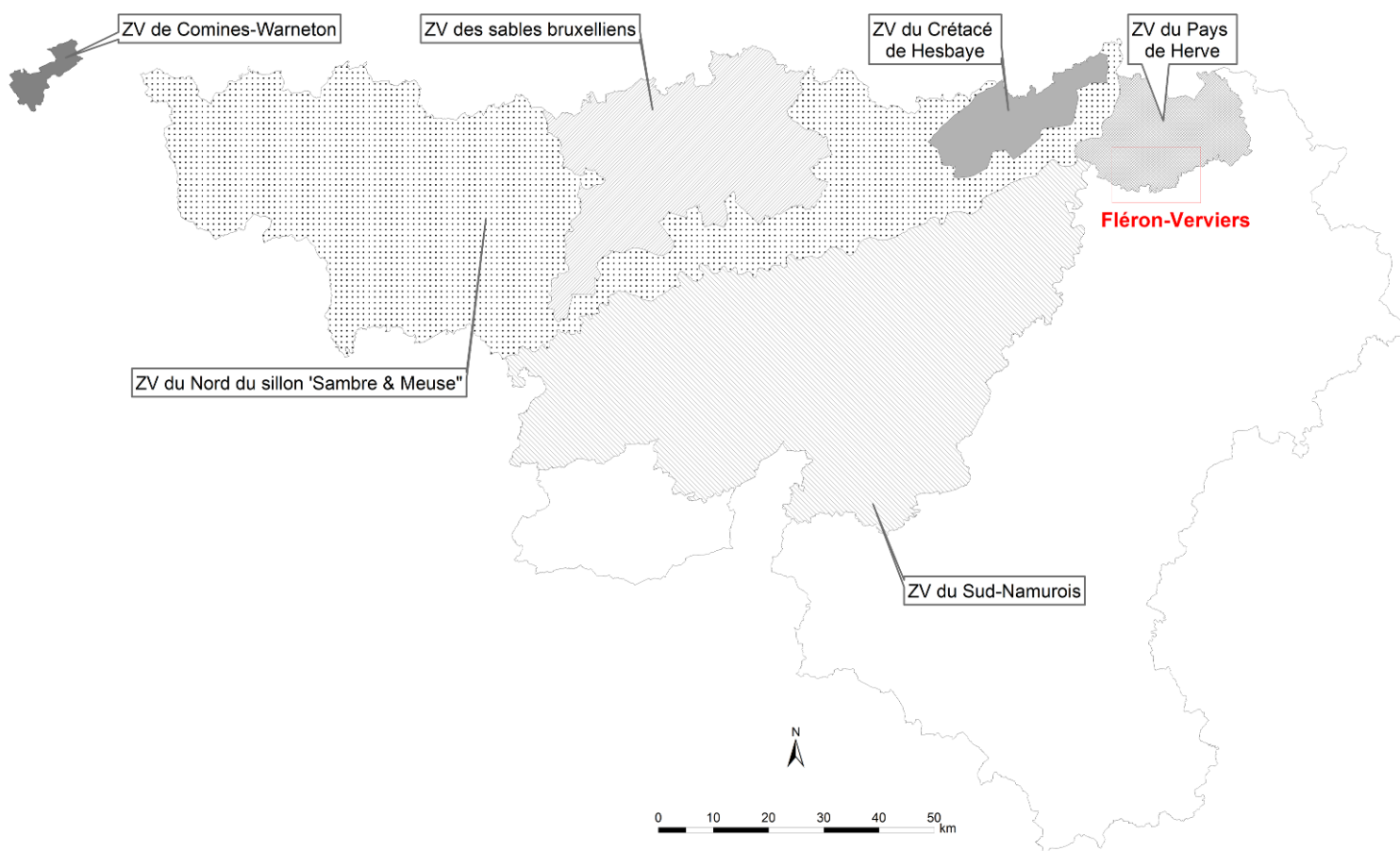


Figure V.2: Zones vulnérables en Région wallonne

Depuis plusieurs années, les compagnies de distribution d'eau surveillent de manière très régulière les concentrations en nitrates de leurs différents captages. La figure V.3 présente l'évolution des teneurs en nitrates de différents captages sollicitant les aquifères rencontrés sur la carte Fléron-Verviers. La teneur maximale admise en Région wallonne est 50 mg NO₃/l. Les concentrations observées en nitrates ne sont pas négligeables, même si la majorité des captages suivis présentent des teneurs inférieures à la norme en vigueur. L'eau issue des captages du site de Chabotte (Pepinster) présente systématiquement, depuis 1993, des concentrations en nitrates supérieures à 50 mg/l, ce qui oblige la SWDE à la mélanger avec de l'eau de l'adduction d'Eupen.

Les eaux drainées par la galerie de Chinchotte à Olné sont également à surveiller attentivement concernant les nitrates. La teneur moyenne mesurée depuis 2000 est de l'ordre de 46 mg NO₃/l. La galerie 'Rocheux' drainant les calcaires carbonifères de la Fenêtre de Theux présente des teneurs oscillant entre 5 et 10 mg NO₃/l, avec occasionnellement quelques valeurs plus élevées.

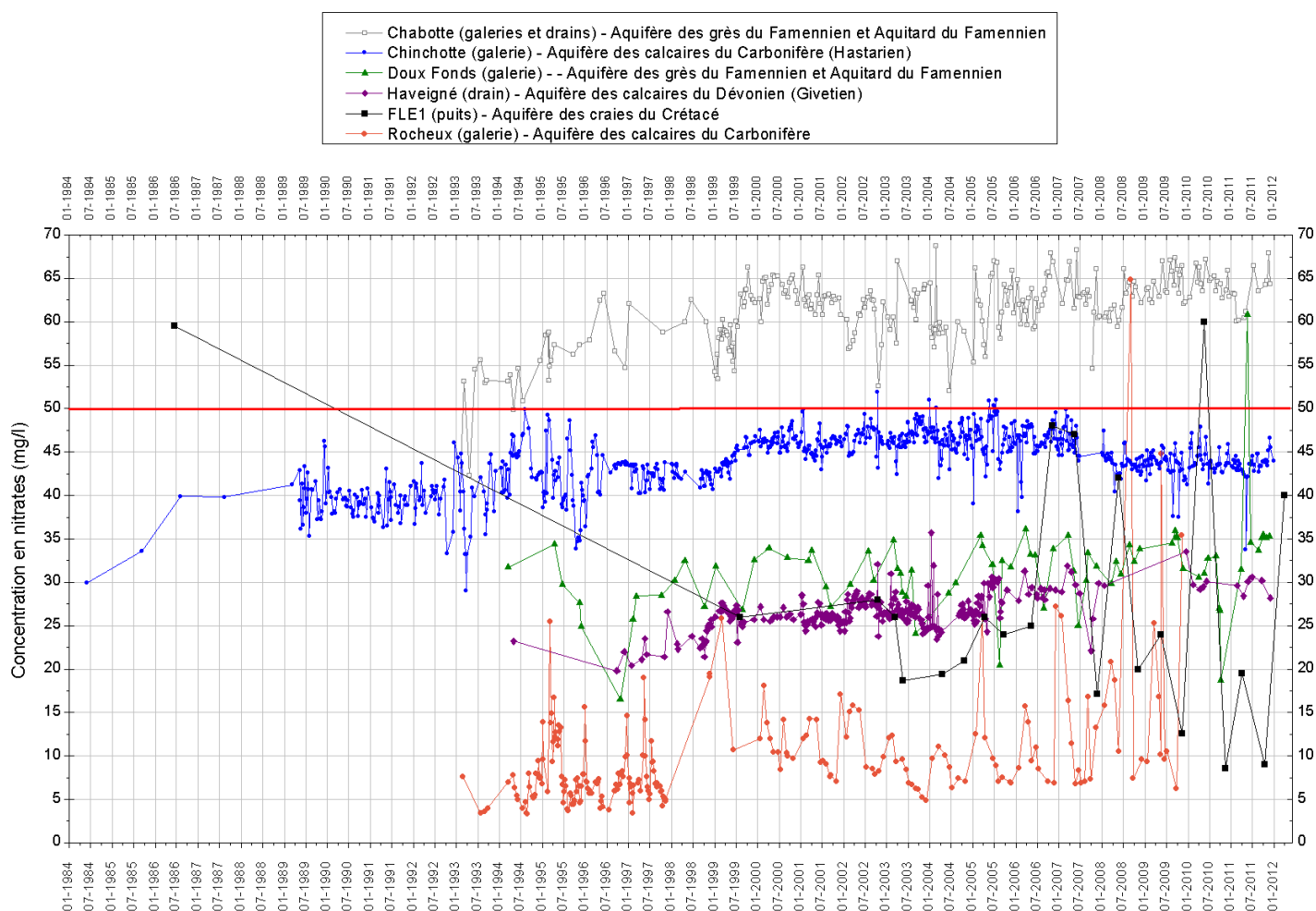


Figure V.3: Evolution des teneurs en nitrates en quelques points caractéristiques des aquifères de la carte Fléron-Verviers

V.3. QUALITE BACTERIOLOGIQUE

Les paramètres microbiologiques des eaux destinées à la distribution publique sont régulièrement mesurés par les compagnies d'eau. D'après les données disponibles, les eaux souterraines des prises d'eau de la carte Fléron-Verviers présentent une bonne qualité microbiologique. Le tableau V.9 reprend, à titre indicatif, une analyse pour chacune de ces prises d'eau publique. Une chloration est opérée avant la distribution de l'eau sur le réseau.

Tableau V.9: Paramètres microbiologiques - Carte Fléron-Verviers

		Chinchotte G1	Doux-Fonds G1	Chabotte (drains & galeries)	Rocheux G1
		29/11/2012	11/10/2012	21/03/2012	25/09/2012
Germes totaux à 22°C	nbre / ml	7	300	300	28
Germes totaux à 37°C	nbre / ml	5	202	9	37
Coliformes totaux	nbre / 100 ml	0	112	63	1
Coliformes fécaux	nbre / 100 ml	-	-	-	-
Escherichia coli	nbre / 100 ml	0	12	0	0
Entérocoques fécaux	nbre / 100 ml	0	2	0	0
Clostridium perfringens	nbre / 100 ml	0	0	0	0

V.4. PESTICIDES

D'après les données disponibles, à ce jour, aucune contamination marquée des eaux souterraines par les pesticides n'est observée. Tout au plus, des traces de diuron et d'atrazine ainsi que son métabolite (déséthyl-atrazine) sont localement et temporairement détectées. 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. Cinq types de pesticides sont systématiquement recherchés lors des analyses spécifiques: l'atrazine, la simazine, le diuron, l'isoproturon et le déséthyl-atrazine.

V.5. AUTRES PARAMETRES

La présence de quelques métaux (Fe, Zn, Pb, Mn) a été soulevée au paragraphe V.1. Elle est liée au contexte géologique de la région. Les concentrations en ces divers éléments sont à surveiller. Un prétraitement sera occasionnellement nécessaire pour certaines zones de captage.

Concernant les autres paramètres tels que les hydrocarbures¹⁰, sur base des données disponibles, les eaux souterraines logées dans les terrains de la carte Fléron-Verviers ne semblent pas

¹⁰ Entre autres les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et monocycliques (HAM).

présenter de pollution inquiétante. Cependant, les études environnementales sur des sites gérés par la SPAQuE (Banque de données [WALSOLS](#)) ont montré une contamination des sols et/ou des eaux de surface et souterraines en certains éléments indésirables.

Parmi les sites gérés par la SPAQuE sur la carte Fléron-Verviers, deux sont décrits ci-dessous. Le site Ortmans (Lg7706-01) sur les bords de la Vesdre à Verviers présentait des teneurs élevées en plomb, en zinc et en cadmium dans ses remblais (figure V.4). Des terres lourdement souillées en benzène (avec atteinte aux eaux souterraines de la nappe alluviale) ont également été découvertes ([fiche technique SPAQuE](#)). Au fil du temps, ce site a vu s'installer diverses activités (industrie lainière, dépôt de matériel électrique, vêtements et matériel photographique...). En 2003-2004, en vue de l'implantation du "Polygone de l'eau", le site a été réhabilité avec démolition des bâtiments, excavation et traitement des terres contaminées, pompage des eaux souterraines...

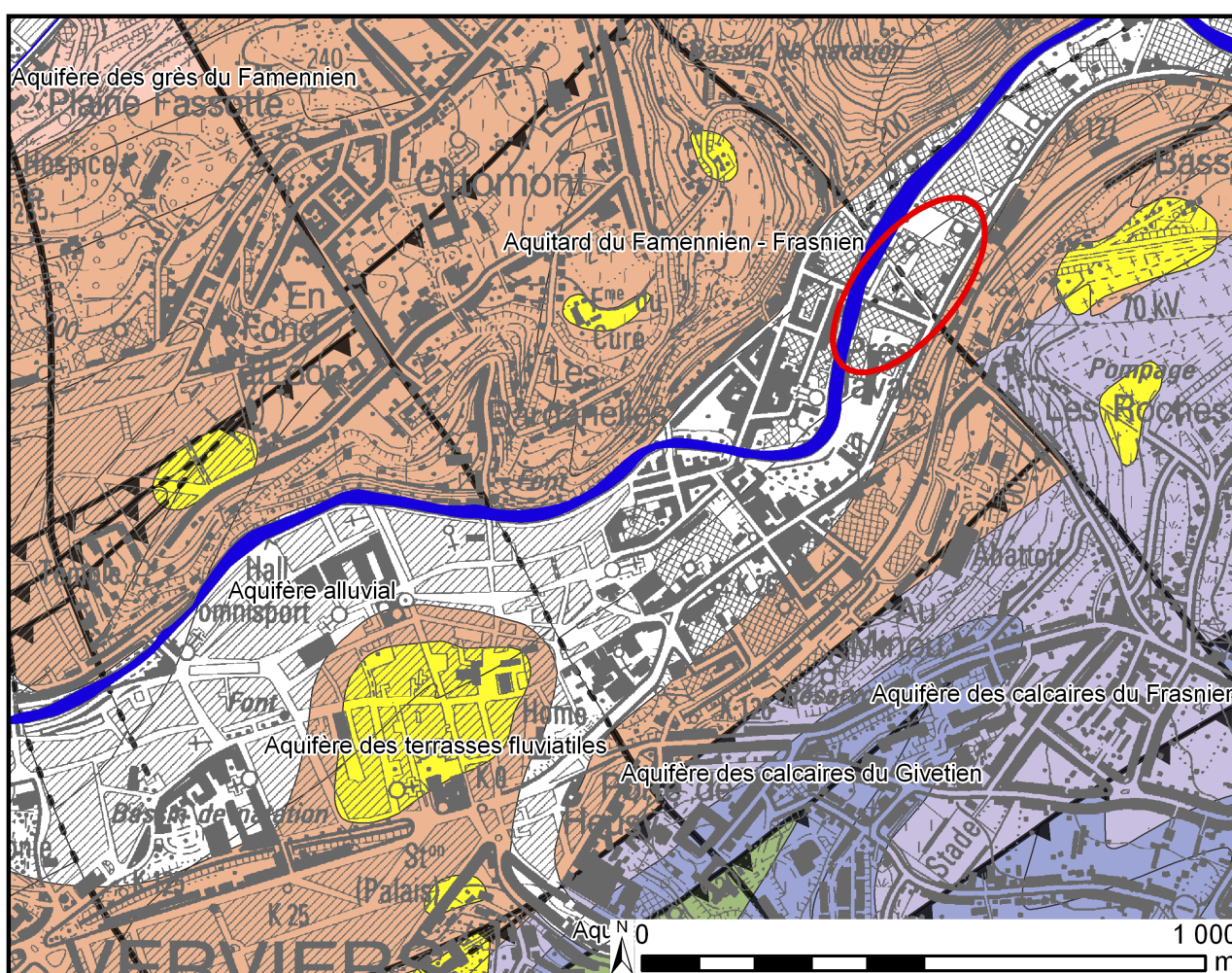


Figure V.4: Site Ortmans à Verviers (Lg7706-01-SPAQuE)

Sur la commune de Pepinster, le site des anciennes usines Texter à hauteur de la confluence de la Hoëgne et de la Vesdre a été investigué (figure V.5). L'étude de caractérisation de ce site (code walsols:Lg5801-01) a mis en évidence une pollution en HAP¹¹ et métaux lourds des remblais, en huiles minérales et en HAM pour les sols, et une contamination au nickel et aux hydrocarbures halogénés (dichlorométhane) des eaux souterraines (nappe alluviale de la Vesdre). Ce dernier élément se retrouve aussi dans l'eau du bief traversant le site. Cette observation tend à montrer l'existence de transfert depuis l'eau de surface du bief vers la nappe alluviale (SPAQuE-SPB Environnement, 2004 & 2005). L'étude environnementale et les travaux sont toujours en cours.

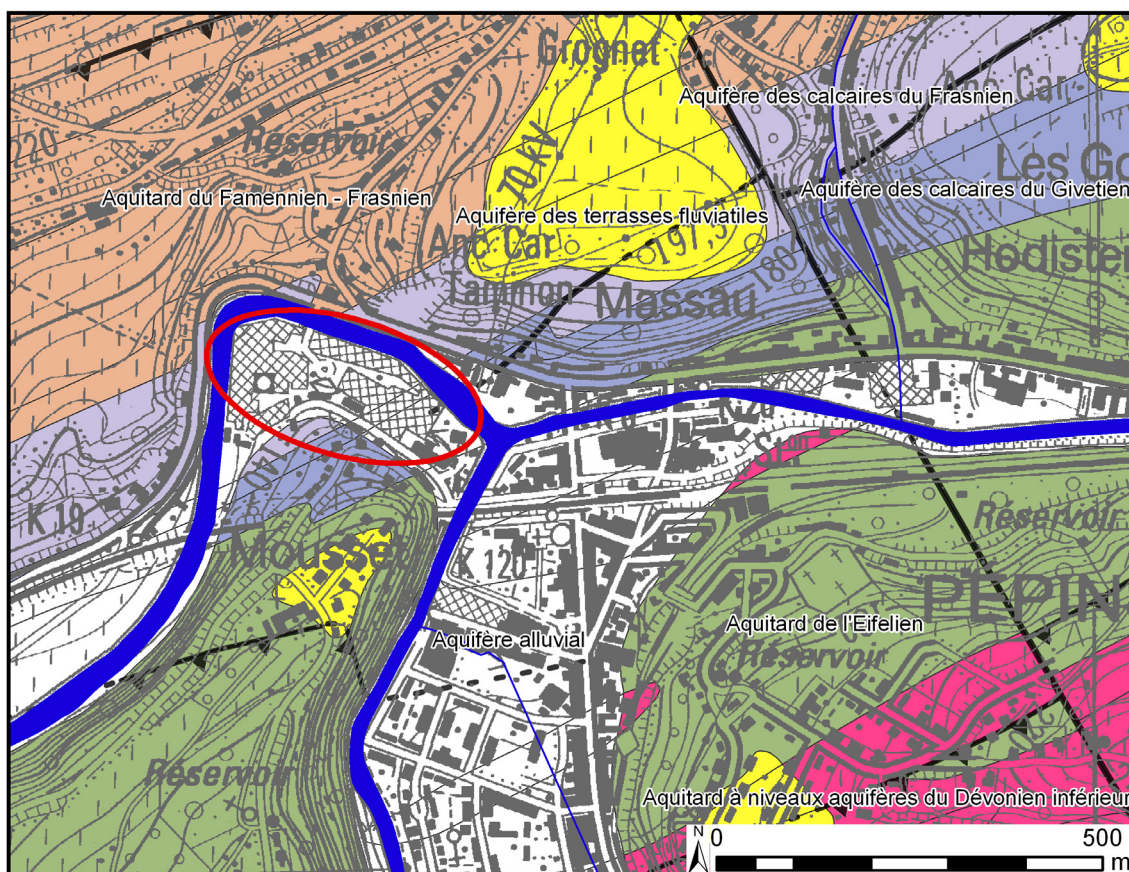


Figure V.5: Site Texter à Pepinster (Lg5801-01- SPAQuE)

¹¹ HAP: Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques; HAM: Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques

VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES

Les données présentées dans ce chapitre sont extraites de la base de données du Service Public de Wallonie. Malheureusement, l'encodage des volumes d'eau prélevés n'est pas complet. Ceci concerne principalement les petits exploitants et donc les petits volumes (< 3000 m³/an). Les puits des particuliers et des agriculteurs ne sont pas tous pourvus d'un compteur.

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 privé¹² (pastilles vertes). Les volumes présentés sont des volumes de l'année 2012 pour les ouvrages de distribution publique d'eau et de 2011 pour les « autres volumes ». Sur cette même carte, sont aussi reportés les volumes moyens sur 5 ans, ici 2007-2011. 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 5 années considérées. Parmi ces dernières, il se peut que certaines d'entre elles soient des années sans prélèvement.

Prélèvements destinés à la distribution publique d'eau potable

Les habitants des communes situées en tout ou en partie sur la carte Fléron-Verviers, sont desservis en eau potable par la CILE, la SWDE ou le service des eaux de leur commune¹³. Cependant, seule la SWDE exploite encore des captages situés sur le territoire de la carte Fléron-Verviers. Parmi ses nombreux ouvrages de prises d'eau, en 2013, seuls trois sites sont toujours en activité. Les autres sites ont été mis à l'arrêt ou abandonnés pour des raisons de vétusté des infrastructures, de qualité médiocre des eaux ou encore de faible productivité.

- Le site de *Chabotte* comprend cinq prises d'eau: trois galeries (Grand Tunnel G1, La Chabotte G1, Source Derooz G1) et deux prises d'eau par drains (Drains d'en Bas D1 et Drains Bois ou d'en Haut D1). Ils drainent les eaux logées dans les terrains schisto-gréseux du bassin de la Vesdre (Aquifère des grès du Famennien et Aquitard du Famennien-Frasnien). Les volumes prélevés sont comptabilisés en un seul point (figure VI.1). Depuis 2004, les prélèvements ont varié de 180 à 390 m³/jour, soit 66 000 à 141 000 m³/an. Distant d'environ 300 m, le site des *Doux Fonds* est mis en réserve. Historiquement, les prélèvements annuels étaient compris entre 30 et 120 m³/jour, entre 1993 et 2002 (soit une moyenne annuelle de 24 500 m³).

¹² 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.

¹³ CILE: Trooz, Fléron, Beyne-Heusay; SWDE: Olne, Soumagne, Herve, Thimister-Clermont, Verviers, Dison, Pepinster; AC Theux; Theux.

- Le site de *Rocheux*, situé dans le sud de la commune de Pepinster, est le point de sortie d'une galerie de plusieurs kilomètres qui reprend les eaux d'exhaure d'anciennes mines de Pb-Zn-Fe d'Oneux à la limite de la Fenêtre de Theux. Les eaux prélevées en ce lieu proviennent de l'aquifère des calcaires du Carbonifère du bassin de la Vesdre à raison de 130 à 190 m³/jour (période considérée 2004-2012) (figure VI.1).
- Le site de *Chinchotte*, à Oline, est composé d'une galerie de 43 m drainant les calcaires du Carbonifère (Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien). Il s'agit du captage le plus important sur le territoire couvert par la carte Fléron-Verviers. Les prélèvements, depuis 2004, varient entre 580 et 880 m³/jour, soit un volume annuel compris entre 213 000 et 320 000 m³ (figure VI.1).
- Le site d'*Haveigné* est établi à Louveigné sur la commune de Sprimont. Ce drain exploite l'aquifère des calcaires du Givetien. Sur la période 2004-2009, le volume moyen est compris entre 200 et 410 m³/jour (figure VI.1). Depuis 2010, cette prise d'eau n'est plus exploitée.

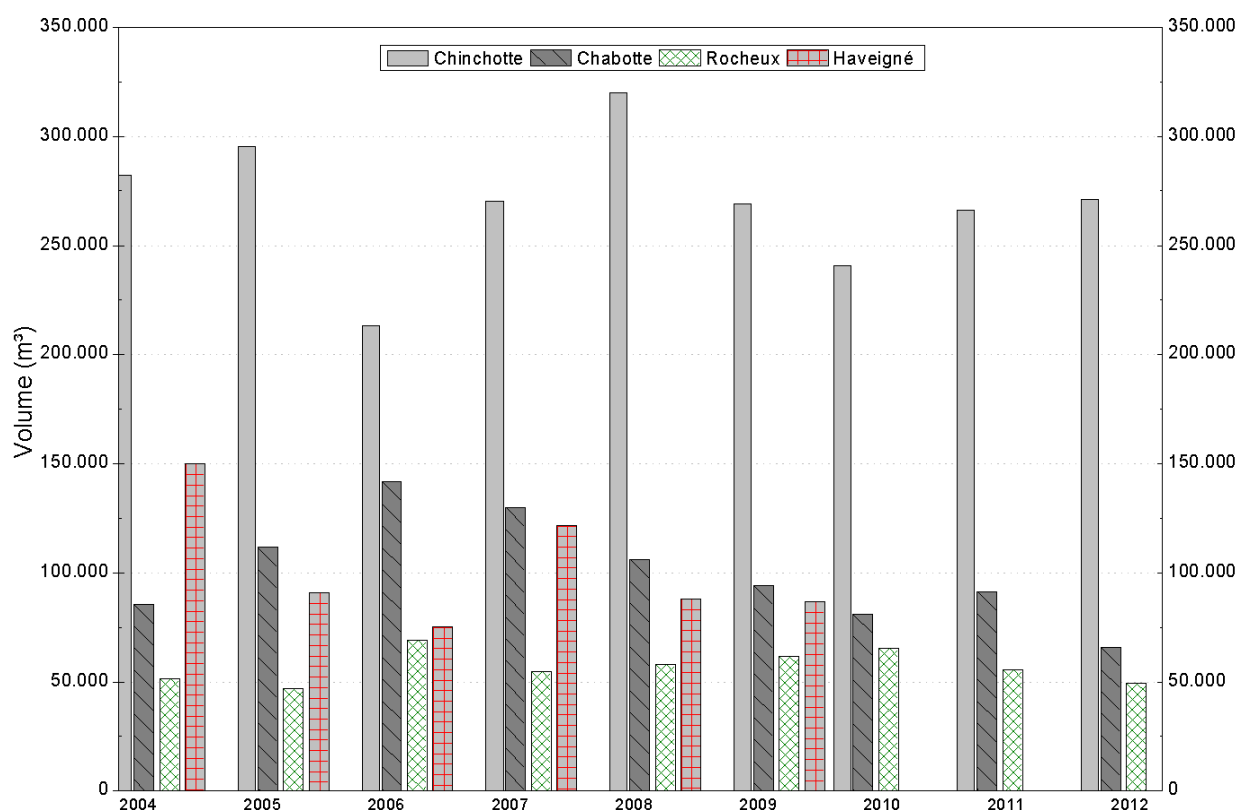


Figure VI.1: Historique des volumes prélevés pour la distribution publique

Autres prélèvements (industries, agriculteurs, particuliers)

Un grand nombre de captages privés est enregistré sur la carte Fléron-Verviers, sollicitant la majorité des aquifères de la région. Cependant, d'un point de vue quantité d'eau prélevée, ils n'en constituent pas la majorité. En effet, le volume extrait par captage est compris entre quelques m³ à 45 000 m³ par an. Plus de la moitié des captages privés de la carte étudiée prélève entre 1 et

1000 m³ par an. Il s'agit essentiellement de prises d'eau de particuliers et d'agriculteurs. Les volumes plus importants, entre 5000 et 45 000 m³ par an, sont prélevés par quelques industries et représentent 5 % de cette catégorie 'Autres prélèvements'.

Dans cette catégorie est également repris le puits 'Tricnotte', appartenant à la commune de Theux. Cette prise d'eau est mise à disposition des agriculteurs de la commune. Les volumes prélevés sont de l'ordre de 9000 m³ par an.

VII. PARAMETRES D'ECOULEMENT ET DE TRANSPORT

Toutes les unités hydrogéologiques présentes sur la carte Fléron-Verviers n'ont pas fait l'objet d'études permettant de définir les paramètres hydrodynamiques des aquifères. De telles études approfondies sont généralement menés sur des sites de captages importants, sur des sites pollués (ou avec suspicion de pollution des eaux souterraines) ou encore lors de recherches de ressources en eaux.

VII.1. AQUIFERES DU CRETACE

Dans le cadre des études sur les ressources en eau du Crétacé du Pays de Herve (Huygens, 1986; 1987), plusieurs essais de pompage ont été menés. Les résultats ont permis de déterminer les valeurs des paramètres hydrodynamiques des différentes unités hydrogéologiques du Crétacé.

▪ *Aquifère des craies du Crétacé (Formation de Gulpen)*

Les transmissivités mesurées varient entre 10^{-5} m²/s pour la craie compacte et 10^{-3} m²/s pour la craie très fissurée. La conductivité hydraulique moyenne (K) est de l'ordre de $0,2 \times 10^{-4}$ m/s.

Sur la carte Fléron-Verviers, le puits traditionnel FLE1 a été testé (essai de courte durée: 135 min de pompage, 60 min de remontée). La conductivité hydraulique, calculée par la méthode Cooper-Jacob, est comprise entre $9,2 \times 10^{-6}$ et $4,9 \times 10^{-5}$ m/s.

▪ *Aquifère-aquitard de Vaals*

Les transmissivités calculées à partir des essais de pompage mettent en évidence les différents faciès de la formation de Vaals :

$T \approx 10^{-4}$ m²/s pour les zones sableuses;

$T \approx 10^{-5}$ m²/s pour les zones silteuses;

$T \approx 10^{-6}$ m²/s pour les zones argileuses.

Pour une épaisseur de la formation de l'ordre de 30 m au maximum.

▪ *Aquifère des sables du Santonien (Formation d'Aachen)*

Les valeurs de transmissivités sont comprises entre 10^{-4} et 5×10^{-5} m²/s. Ne disposant pas de données sur l'épaisseur des terrains testés, l'estimation de la conductivité hydraulique n'a pas été déduite.

VII.2. AQUIFERE - AQUITARD - AQUICLUDE DE L'HASTARIEN

L'aquifère des calcaires du Carbonifère du Massif de la Vesdre, ici plus spécifiquement l'unité hydrogéologique de l'Hastarien, a été étudié au droit du site de Chinchotte à Olné. Ce site compte, outre la galerie drainante, six piézomètres forés dans le Groupe de Bilstain, et peut-être pour le forage le plus profond dans la Formation de Dolhain. Seul le piézomètre PZ2 a été testé (SWDE, 2005). L'essai de pompage s'est effectué avec trois paliers de débits (20-25-30 m³/h / temps de pompage: 12/12/24 h, temps de remontée: 4/4/8 h). Une influence se marque sur les niveaux d'eau dans les piézomètres les plus proches (PZ1 et PZ3). L'interprétation, par la méthode de Cooper-Jacob, a abouti aux valeurs de conductivité hydraulique, en pompage, de $4,9 \times 10^{-5}$ à $1,8 \times 10^{-5}$ m/s, et en remontée de 6×10^{-5} à $5,5 \times 10^{-5}$ m/s (avec une hauteur crépinée de 39 m).

Dans le cadre de l'établissement des zones de prévention, des essais de traçage ont eu lieu au cours du printemps 2006 sur le site de Chinchotte-Olné (Haskoning, 2006). Quatre injections ont été réalisées: Pz1: uranine; Pz1bis: LiCl; Pz2: naphthionate; Pz5bis: sulforhodamine B. Deux points de surveillance ont été déterminés: galerie G1 avec échantillonneur automatique; Pz3 avec charbon actif et sonde de mesure de conductivité électrique (figure VII.1). Il faut noter qu'une chloration de l'eau dans la galerie est effectuée au moyen d'un doseur automatique (environ 0,13 mg/l). Des quatre traceurs injectés, seul le naphthionate (Pz2) a été détecté au niveau de la galerie. Aucune arrivée n'a été détectée dans le piézomètre Pz3, ni pour les traceurs fluorescents, ni pour le traceur salin. Sur base de la seule courbe de restitution obtenue (où la vitesse maximale observée est 12 m/h), quelques paramètres hydrodynamiques équivalents (en milieu homogène) ont été déterminés à l'aide du logiciel CATTI:

- Porosité effective: 4×10^{-3} (0,4 %);
- Dispersivité longitudinale: 150 m;
- Dispersivité transversale: 55 m.

Ces valeurs doivent cependant être utilisées avec précaution. La chloration dans la galerie modifie très probablement les concentrations mesurées en naphthionate (et sans doute les autres traceurs). D'après le bureau 'Haskoning', auteur de l'étude, les valeurs mesurées pourraient être plus faibles que la concentration du naphthionate réellement arrivé. Malgré cet avertissement, on peut néanmoins noter que le piézomètre Pz2 est en relation directe avec la galerie G1.

D'après des essais de pompage antérieurs (janvier 2005), les deux nappes identifiées en Pz1 sont en relation avec Pz2 et donc, in fine, avec la galerie G1. Cependant, rien n'a été détecté ni à la galerie, ni au piézomètre Pz3 endéans les six semaines de l'essai. Cette non-détection peut être due à l'interférence probable avec la chloration. En outre, il est possible que l'écoulement souterrain depuis Pz1 soit, dans les conditions hydrogéologiques du traçage, dirigé directement vers le ruisseau.

Il n'y a pas de relation prouvée entre Pz5 et la galerie et/ou Pz3. Il faut noter, à nouveau, que d'autres facteurs doivent être envisagés (temps d'échantillonnage trop court, chloration à la

galerie). En effet, l'analyse des mesures piézométriques tend à supposer une connexion entre Pz5 et la galerie G1.

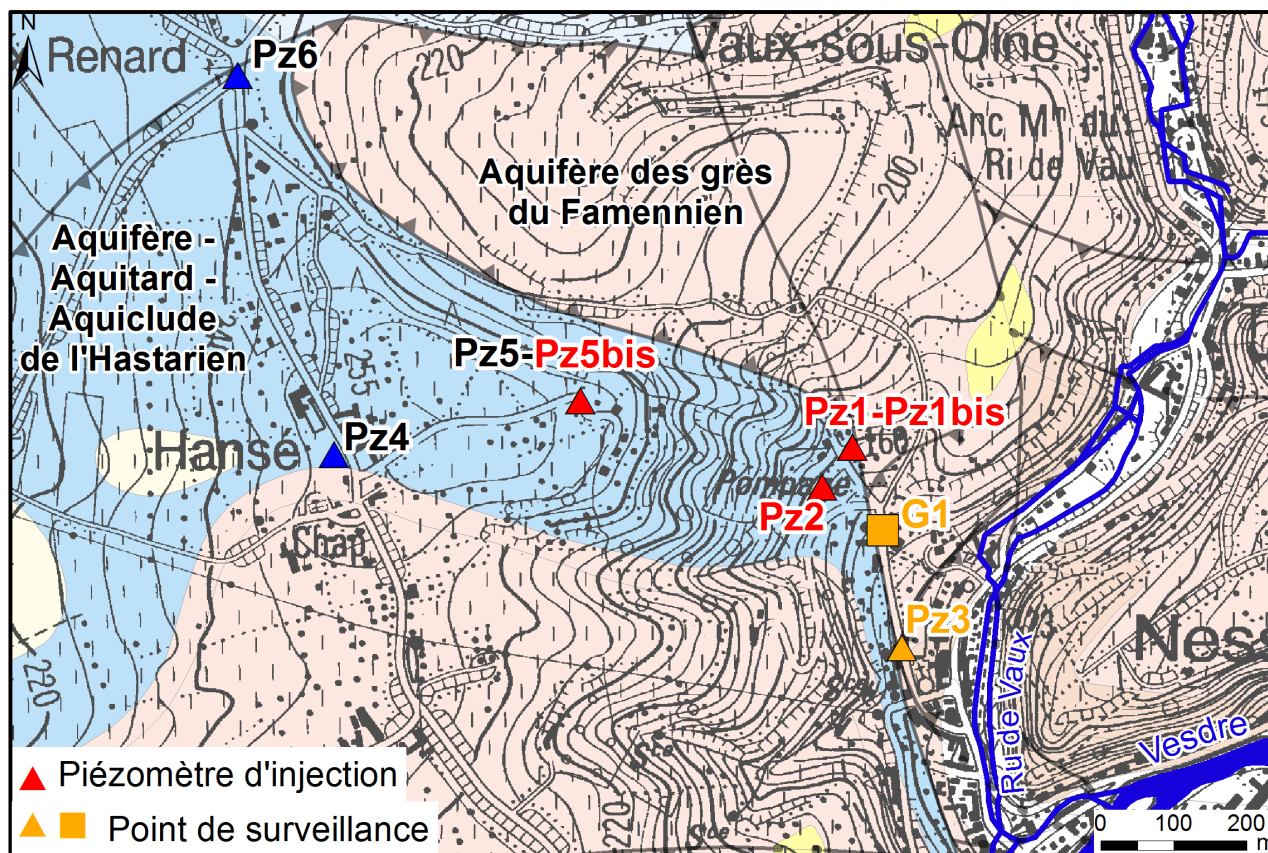


Figure VII.1: Site de Chinchotte, Olne. Localisation des points d'injection et de surveillance (traçage, mars 2006)

VII.3. AQUIFERE DES GRES DU FAMENNIEN – AQUITARD DU FAMENNIEN

A Cornesse (Pepinster), la SWDE possède un important site de captage, comprenant des galeries, des drains et des piézomètres: le site de Chabotte. Dans le cadre de l'établissement des zones de prévention, une étude hydrogéologique complète y a été menée. Trois des six piézomètres ont fait l'objet d'essais de pompage, Pz4, Pz5 et Pz6 (SWDE, 1998). Il n'a pas été possible de tester les autres ouvrages car ils se sont rapidement vidés après seulement quelques minutes de pompage, avec un débit maximum de l'ordre de 1 m³/h. Les essais réalisés (durée maximale de pompage de 24 h et avec remontée) ont permis de déterminer les paramètres hydrodynamiques des terrains sollicités. Les conductivités hydrauliques ont été calculées à partir des transmissivités et sur base de la hauteur crépinée du puits (à défaut de connaître l'épaisseur saturée).

- Le piézomètre Pz4 sollicite l'aquifère des grès du Famennien (prof: 77 m, crépiné sur 54 m). La conductivité hydraulique moyenne observée est de l'ordre de $5,5 \times 10^{-7}$ m/s.
- Les piézomètres Pz5 et Pz6 sont forés dans l'aquitard du Famennien, respectivement, sur une profondeur de 40,8 et 25 m et crépinés sur une hauteur de 19 et 10 m. Pour Pz5, la conductivité hydraulique moyenne calculée est d'environ $5,5 \times 10^{-6}$ m/s. Pour Pz6, elle vaut $4,7 \times 10^{-6}$ m/s. Il faut noter que les temps de pompage étaient courts, 25 à 135 minutes seulement (vidange des puits).

- Le débit spécifique de ces ouvrages est de l'ordre de $0,1 \text{ m}^3 / \text{h} \times \text{m}$.

En septembre 2000, un essai de traçage a été mené sur le site (GEOLOGICA, 2001). Trois traceurs fluorescents et un traceur salin ont été injectés dans les piézomètres Pz2, Pz4, Pz5, Pz6. Deux échantillonneurs ont été placés à la prise d'eau 'Doux Fonds' et à la chambre de collecte 'Chabotte' où se déversent les eaux des drains et galeries, excepté celles de la galerie du Grand Tunnel (figure VII.2). Aucune restitution n'a été détectée au bout de sept semaines de surveillance. Cette absence de restitution peut être imputée aux faibles perméabilités de proximité l'aquifère. Elle démontrerait également qu'aucun axe de circulation préférentielle de la nappe ne passe à proximité immédiate des piézomètres Pz2, Pz4, Pz5 et Pz6.

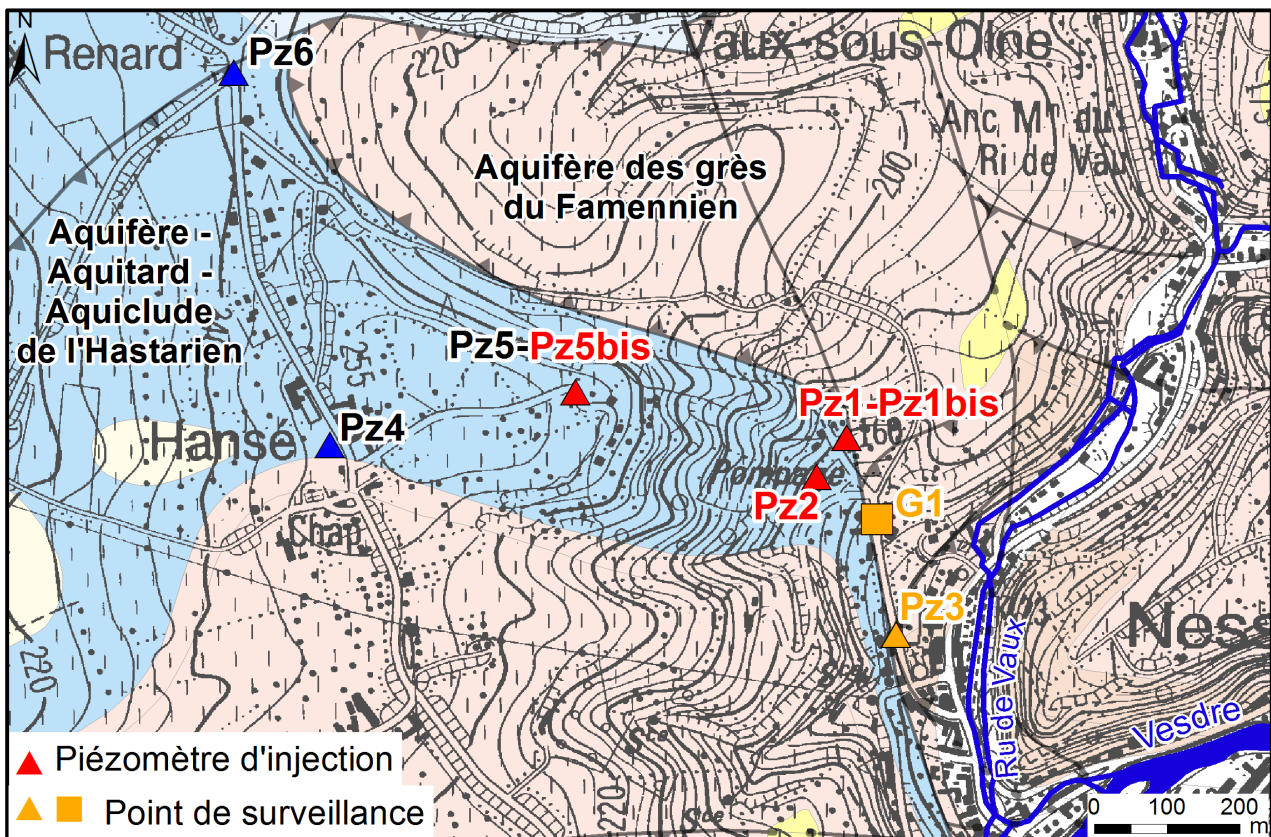


Figure VII.2: Site de Chabotte, Pepinster. Localisation des points d'injection et de surveillance (traçage, septembre 2000)

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 wallonne¹⁴ définit 4 niveaux de protection à mesure que l'on s'éloigne du captage : zones de prise d'eau (Zone I), de prévention (Zones IIa et IIb) et de surveillance (Zone III).

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 tolérées.

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 horizontale minimale de 35 mètres à partir des installations de surface, dans le cas d'un puits, et par deux lignes situées à 25 mètres au minimum de part et d'autre de la projection en surface de l'axe longitudinal dans le cas d'une galerie. En milieu karstique, tous les points préférentiels de pénétration (doline et pertes) donc la liaison avec le captage est établie sont classés en zone IIa.

¹⁴ 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).

- 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.

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.

Mesures 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 2009¹⁵.

La Société publique de Gestion de l'Eau¹⁶ assure la gestion financière des dossiers concernant la protection des eaux potabilisables distribuées par réseaux, par le biais de contrats de service passés avec les producteurs d'eau. Pour financer les recherches relatives à la délimitation des zones de prévention et indemniser tout particulier ou toute société dont les biens doivent être mis en conformité avec la législation, une redevance de 0,107 € est prélevée sur chaque m³ fourni par les sociétés de distribution d'eau.

¹⁵ 12 février 2009: AGW modifiant le Livre II du Code de l'Environnement constituant les Code de l'Eau en 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).

¹⁶ SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999

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

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

VIII.2. ZONES DE PREVENTION 'CHABOTTE' & 'DOUX FONDS' (PEPINSTER)

Sur la commune de Pepinster, entre les villages de Cornesse et de Wegnez, dans la vallée du ruisseau du Grand Ri, la SWDE exploite deux sites de captage: Chabotte et Doux Fonds. Ces sites comptabilisent 6 prises d'eau (4 galeries et 2 drains). Une étude hydrogéologique a été menée afin de délimiter les zones de prévention (SWDE, 1998; GEOLOGICA, 2001). La délimitation de ces zones de prévention est ainsi basée sur le temps de transfert de l'eau souterraine dans le sol saturé jusqu'aux prises d'eau. Les limites calculées par le modèle ont ensuite été déplacées afin d'être matérialisables sur le terrain (figures VIII.1 & 2).

Ces zones de prévention ont été arrêtées par le Gouvernement Wallon en date du 12 janvier 2004: *Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée des ouvrages de prise d'eau souterraine dénommés "Drain d'en bas", "Drains bois ou d'en haut", "Grand tunnel", "La Chabotte", "Source Derooz" et "Doux Fonds", sis sur le territoire de la commune de Pepinster (Mention au M.B. 10/02/2004).*

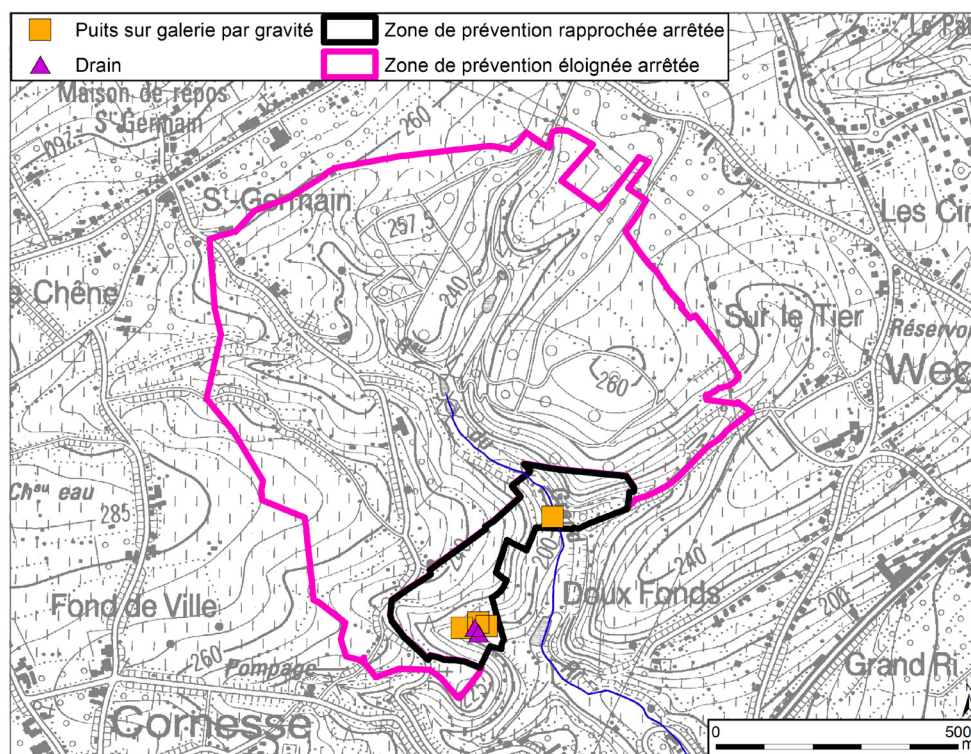


Figure VIII.1: Zones de prévention des sites de Chabotte et Doux Fonds, à Pepinster (SWDE)

VIII.3. ZONES DE PREVENTION À DÉFINIR

A ce jour, sur la carte Fléron-Verviers, aucune autre zone de prévention autour des captages n'est définie. Dès lors, ces zones à définir sont symbolisées sur la carte hydrogéologique par un triangle vide, tracé autour des captages toujours exploités pour la distribution publique d'eau potable. Les prises d'eau pour lesquelles les titulaires ont mentionné un arrêt définitif ne sont pas reprises.

Les captages soumis à zones de prévention sur cette carte appartiennent tous à la SWDE. Ils sont repris sur la figure VIII.2. D'après le producteur, les dossiers des zones de protection des prises d'eau du site 'Chinchotte' à Olne ainsi de la galerie 'Rocheux' à Pepinster seront finalisés en 2013-2014. Dès que ces zones seront définies et arrêtées, leurs tracés seront disponibles sur le site Internet 'Zones de prévention' du SPW, mentionné dans le chapitre VIII.1. Le drain 'Haveigné' à Sprimont est mis à l'arrêt depuis 2010, probablement avec une mise hors service définitive à termes. Dès lors, les zones de prévention autour de ce captage ne devront plus être définies. Cependant, en l'absence d'une notification d'abandon définitif d'exploitation de ce drain, le symbole 'zone de prévention à définir' est indiqué sur la carte hydrogéologique (triangle).

La plupart des captages de la Commune de Theux, situés sur la carte Fléron-Verviers, sont hors service. Seul le captage 'Tricnotte' est exploité. Il est mis à disposition des agriculteurs (puits fermier). L'eau est essentiellement utilisée pour l'alimentation du bétail. Cette prise n'est pas soumise à zone de prévention.

En l'absence de données, il convient habituellement de se référer provisoirement aux distances fixes forfaitaires définies dans la législation soit :

- pour la zone IIa : une distance horizontale minimale de 35 mètres à partir des installations de surface, dans le cas d'un puits, et par deux lignes situées à 25 mètres au minimum de part et d'autre de la projection en surface de l'axe longitudinal dans le cas d'une galerie ;
- pour la zone IIb : une distance horizontale 1 000 mètres.

Remarquons que la détermination des zones 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.

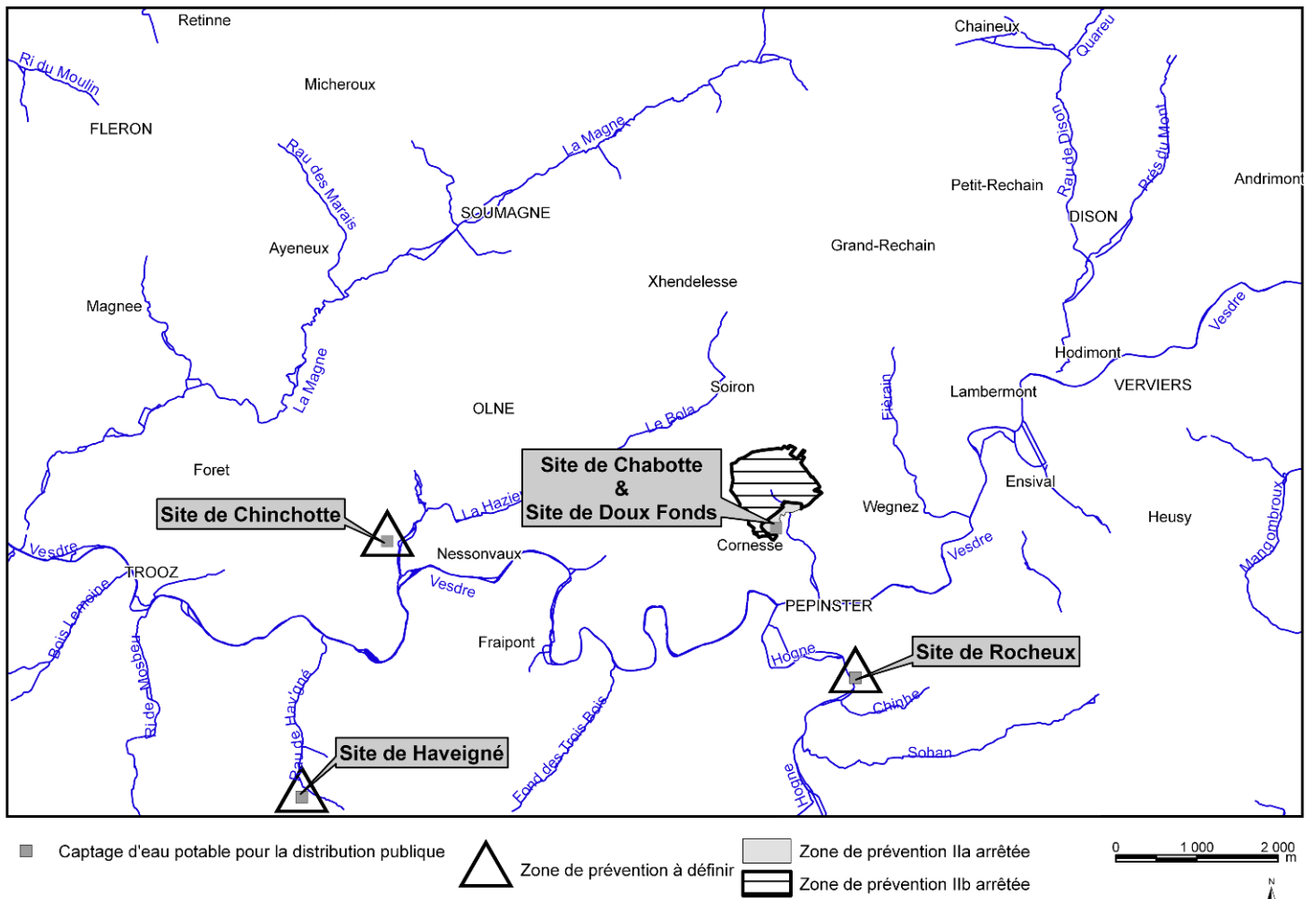


Figure VIII.2: Zones de prévention sur la carte Fléron-Verviers

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 Fléron-Verviers. 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. La méthodologie adoptée pour réaliser la carte hydrogéologique Fléron-Verviers est également abordée.

IX.1. ORIGINE DES INFORMATIONS

IX.1.1. Données géologiques et connexes

Les données géologiques proviennent essentiellement de la nouvelle carte géologique de la région (Laloux *et al.*, 1996). Des descriptions de forages sont également disponibles auprès du Service Géologique de Belgique, du Service Public de Wallonie (Cellule 'Géologie' DGO3) et des sociétés de distribution d'eau.

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. 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 Fléron-Verviers, 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 aux limites ouest et sud de la carte étudiée. Ces bords sont respectivement frontaliers avec

- la carte Seraing-Chênée, éditée en 1897 au 1/40.000 par le Service Géologique de Belgique;
- la carte Louveigné-Spa, éditée en 1958 au 1/25.000 par le Service Géologique de Belgique.

De légères différences sont observées avec les cartes situées au nord et à l'est, soit Dalhem-Herve et Limbourg-Eupen. Ces cartes géologiques, récentes (respectivement 2000 et 2006), sont éditées par le Service Public de Wallonie au 1/25.000. Ces discontinuités sont minimales. Elles ne concernent que quelques raccords. Cela ne nuit nullement à la compréhension du contexte hydrogéologique tant local que régional.

Des données concernant les calcaires carbonifères et dévoniens sont issues de l'atlas du karst wallon (CWEPS, 1996, 2006).

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. Le type de prospection géophysique menée et les références bibliographiques sont mentionnées. Ces

investigations ont permis de préciser le contexte géologique de la zone prospectée (lithologie et structural) dans le but de déterminer au mieux l'emplacement pour des forages (site d'Olné) ou encore de définir la nature et l'épaisseur des terrains meubles (site de Tancremont).

- Site d'Olné (LGIH-SWDE/994) : 15 sondages électriques, 6 sondages sismiques et 6 traînés électriques.
- Site de Tancremont (LGIH-PEP/951) : 2 sondages électriques et 11 sondages sismiques.

IX.1.2. Données météorologiques et hydrologiques

Sur le territoire de la carte Fléron-Verviers, il n'y a pas de stations météorologiques, ni de l'Institut Royal Météorologique, ni du Service Public de Wallonie (SPW). A propos des stations limnimétriques, deux stations sont, actuellement, encore en service. Il s'agit de stations appartenant au réseau [AQUALIM](#) du SPW. Ces stations L7600 et L7150 sont situées respectivement sur la Magne à Forêt (Trooz) et sur la Vesdre à Hodimont (Verviers). Sur cette carte, on compte aussi quatre anciennes stations limnimétriques: L5870, L6780 et L 5871 du réseau AQUALIM et la station 6301 du réseau du [SETHY](#).

IX.1.3. Données hydrogéologiques

IX.1.3.1. Localisation des ouvrages

Dans la base de données BD-Hydro et la GeoDataBase (liée au projet SIG de la carte hydrogéologique), 248 ouvrages ont été encodés dont 164 puits (puits forés et puits traditionnels), 44 piézomètres, 9 puits sur galerie, 12 drains. Sont aussi encodées des informations concernant 14 sources (exploitées ou non) et 5 forages pour sonde géothermique. 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>.

De plus, selon l'atlas du karst wallon, 44 pertes (chantoirs) et 16 résurgences sont recensées sur la carte étudiée.

IX.1.3.2. Données piézométriques

Environ 500 valeurs piézométriques sont disponibles pour la carte Fléron-Verviers. Ces relevés proviennent principalement de la DGARNE, des sociétés de distribution d'eau, de diverses études et de campagnes sur le terrain. Les premières mesures encodées dans la banque de données datent des années 1980.

La carte piézométrique du Crétacé est celle dressée par Huygens en 1986, basée sur un jeu de données important. Plus de 300 puits ont été relevés, sur l'entièreté du Pays de Herve. Dans le cadre de la réalisation des cartes hydrogéologiques voisines, une campagne régionale de mesures piézométriques a été réalisée, de mars 2003 à juin 2003. Beaucoup de puits étaient inaccessibles. Il s'est avéré in fine que le relevé d'Huygens était plus complet. De plus, ce choix permet d'avoir

une continuité spatiale avec la carte piézométrique présentée sur la carte hydrogéologique Dalhem-Herve (située au nord), disponible sur Internet depuis 2008.

Quelques relevés piézométriques sont aussi disponibles pour des ouvrages forés dans les autres unités hydrogéologiques présentes sur la planche (calcaires carbonifères, terrains houillers, grès famenniens). Ces cotes piézométriques sont reportées sur la carte hydrogéologique au 1/25.000.

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.

Ainsi, 88 sites (puits et piézomètres, drains, galeries, sources) sont concernés, comptabilisant environ 18 000 valeurs. Ces analyses caractérisent surtout les eaux logées dans les terrains du Crétacé, du Houiller, les roches calcaires carbonifères et les terrains schisto-gréseux du Famennien. 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 Fléron-Verviers.

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.

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 Fléron-Verviers, les zones de prévention autour d'un site de captage, Chabotte et Doux Fonds à Pepinster, ont été arrêtées et reportées sur la carte 1/25.000. Le contour de ces zones a été fourni par le Service Public de Wallonie. Le [chapitre VIII](#) détaille les zones de protection.

Plusieurs zones vulnérables aux nitrates ont été définies en Région Wallonne, l'une d'entre elles, la zone du Pays de Herve, occupe un très petit espace sur la carte étudiée (environ 55 km²). Le contour de cette zone a été fourni par le Service Public de Wallonie. Des plus amples renseignements sont repris [au chapitre V, paragraphe V.2.](#)

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 hydrogéologiques 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 forage et d'autres données administratives ou autres sont stockées dans la BD-HYDRO (Wojda *et al.*, 2005). Elle 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 des caractères 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 sources exploitées ou non;
- les puits d'accès aux galeries et drains;
- les pertes et résurgences connues;
- les stations limnimétriques;
- les isopièzes: la carte piézométrique présentée est celle de l'aquifère du Crétacé indifférenciée (observations: 1986);
- le sens probable d'écoulement souterrain (pour l'aquifère du Crétacé indifférencié);
- à défaut de carte piézométrique, des valeurs de niveau des autres 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 à définir;
- les traits localisant le tracé de la coupe hydrogéologique.

IX.3.2. Carte des informations complémentaires et du caractère des nappes

Cette carte localise les différents sites où des données quantitatives ou qualitatives sont disponibles (analyses chimiques, diagraphies, essais de pompage, 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 spécifié : nappe libre, nappe semi-captive (semi-libre) ou nappe captive. Il est à noter que c'est la première nappe rencontrée (nappe à l'affleurement, sous la couverture limoneuse) qui est caractérisée. Sur la carte Fléron-Verviers, les nappes logées dans les horizons schisto-gréseux du Houiller sont souvent considérées comme semi-captives. En effet, dans ces terrains, la nappe peut se retrouver en charge sous les couches plus argileuses (shales, "phtanites", argile d'altération). Les autres unités hydrogéologiques sont considérées comme des nappes libres. Il faut cependant nuancer cette caractéristique pour l'aquifère des sables du Santonien (Sables d'Aachen) qui peut être localement captif sous la Formation de Vaals (nettement argileuse vers l'ouest). Vers l'est, l'aquifère du Crétacé indifférencié est considéré comme libre. Dans les formations du Dévonien inférieur, les niveaux plus schisteux peuvent également rendre localement captives les nappes logées dans les terrains gréseux.

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 en vue, entre autres, d'optimiser l'implantation des futures 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](#).

Le territoire du Pays de Herve a été désigné comme "zone vulnérable aux nitrates" par le gouvernement wallon (AGW du 28 février 2006). Cette désignation implique l'application d'un programme d'action précis dont les mesures ont été arrêtées dans un code de « bonne pratique agricole ». Cette zone occupe environ 55 km² sur la planche étudiée. Plus d'informations sur les nitrates sont disponibles au [paragraphe V.2](#).

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 50.000^e, reprend également les volumes d'eau prélevés annuellement, informations extraites de la base de données de la Région Wallonne "dix-sous" (DGARNE). Les volumes représentés sont les volumes déclarés par les titulaires au Service Public de Wallonie. Deux catégories de volumes sont répertoriée sur la carte Fléron-Verviers: 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 prélevés (selon les déclarations des titulaires), respectivement, en 2009 et en 2008.

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 (2004-2008) (basés sur les déclarations des titulaire 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 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. Le [chapitre VI](#) consacré à l'exploitation des aquifères reprend l'historique des principaux captages de la carte.

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 Fléron-Verviers, 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 Fléron-Verviers figure la coupe hydrogéologique. Elle permet de comprendre dans son ensemble le contexte géologique de la région. Les grandes structures géologiques y apparaissent (plis, failles). Elle est issue de la carte géologique de Laloux et al. (1996), sur laquelle ont été ajoutées, là où la donnée est disponible, des informations sur les niveaux d'eau souterraine. Cette coupe est commentée, en détails, au [chapitre IV.2.6](#).

X. BIBLIOGRAPHIE

Berger, J-L., Dingelstadt, Cl., Drevet, J-P. & Veschkens, M. (2003): Etude sur la remontée des niveaux piézométriques dans les massifs affectés par les travaux houillers et sur l'identification de leurs impacts directs et indirects, en particulier sur le démergement. *ISSeP*. Rapport final, 52 pp, 7 annexes

Boulvain, F., Bultynck, P., Coen, M., Coen-Aubert, M., Helsen, S., Lacroix, D., Laloux, M., Casier, J.G., Dejonghe, L., Dumoulin, V., Ghysel, P., Godefroid, J., Mouravieff, N., Sartenaer, P., Tourneur, F. & Vanguetaine, M. (1999). Les formations du Frasnien de la Belgique. *Mem. of the Geol. Survey of Belgium*, 44, 125 pp.

Boulvain F. & Pingot J-L. (2011): Genèse du sous-sol de la Wallonie. Classe des Sciences, Collection in-8, ISSN 0365-0936 ; 34. *Académie royale de Belgique*, 190 pp

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

Creiasco, V., Doguet, A., Feremans, N., Neuray, C., Pons, T., Van Der Kaa, C. & Godart, M-F, Teller, J. (direction scientifique). (2007): 1. L'entre-Vesdre-et-Meuse, Collection : Atlas des Paysages de Wallonie, *Conférence permanente du développement territorial*, Service public de Wallonie, Namur, pp 263 http://cpdt.wallonie.be/?id_page=8881

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., Jaspar 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. *Service Public de Wallonie*, 3^e édition, 51p

Dejonghe, L. & Jans, D. (1983): Les gisements plombo-zincifères de l'Est de la Belgique, *Chron.Rech.Min*, 471 :3-24

Dejonghe, L., Ladeuze, F. & Jans, D. (1993): Atlas des gisements plombo-zincifères du Synclinorium de Verviers. *Mém.Exp.Cartes geol.min Belgique*, 33 :1-483

- Dewez, L., Lespineux, G., Ancion, Ch., Evrard, P., Calembert, L., Macar, P., De Magnée, I., Van Leckwijck, W.** (1947): Les minerais du sol belge, Congrès 1947, Section Géologie, *Eds Assoc. Des Ingénieurs Liégeois*, 73-96
- Dingelstadt, Cl. & Drevet, J-P.** (2007): Etude des conséquences de l'après-mine, en particulier sur la gestion des eaux souterraines et des risques. *ISSeP*. Rapport final, 67 pp
- Droeven, E., Feltz, C. & Kummert, M.** (2004): Les territoires paysagers de Wallonie. *Conférence permanente du développement territorial, Etudes et Documents 4*, Service public de Wallonie, Namur, pp 74.
- Gardin, N., Brouyère, S., Dassargues, A.** (2005): Modélisation de la remontée des niveaux piézométriques dans les massifs affectés par des travaux miniers dans l'ancien bassin charbonnier de Liège, Site pilote de Cheratte. *ISSeP*. Rapport final, 89 pp + annexes
- GEOLOGICA.** (2001): Essai de traçage et modélisation mathématique dans le cadre de l'établissement des zones de prévention des prises d'eau de Pepinster (Chabotte et Doux Fonds), Meus Ph, Lejeune V. (rapport E265).
- Godefroid, J., Blicck, A., Bultynck, P., Dejonghe, L., Gerrienne, P., Hance, L., Meillez, F., Stainier, P., Steemans, P.** (1994). Les formations du Dévonien inférieur du Massif de la Vesdre, de la Fenêtre de Theux et du Synclinorium de Dinant (Belgique, France). *Mém. expl. cartes géol. & min. Belg.*, 38, 144 pp.
- 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*: 9 : 555-569.
- Graulich, J.M, Dejonghe, L. & Cnudde, C.** (1984): La définition du Synclinorium de Verviers. *Bul. Soc. belge Géol.*, Tome 93(1-2), 79-82.
- 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
- Haskoning** (2006): SWDE: Olne (Chinchotte). Traçage et modélisation mathématique dans le cadre de l'étude des zones de prévention. Rapport provisoire 81682001. 27.06.2006. 9 pp + annexes
- Huygens, Ch.** (1986): Etude des ressources en eau du Pays de Herve, *Contrat CILE-Service public de Wallonie*, 385pp + cartes.
- Huygens, Ch.** (1987): Etude des ressources en eau du Crétacé de l'Est du Pays de Herve, *Contrat CILE-Service public de Wallonie*, 234 p. + cartes.

- Interreg II.** (2000): Qualité de l'eau souterraine dans les aquifères des provinces Limbourg belge, Limbourg néerlandais et Liège. Equipes : LGIH-ULg (Liège), LISEC (Genk) et TNO-NTIG (Delft et Heerlen).
- 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 Synclitorium de Verviers (Est de la Belgique). *Ann. Soc. géol. Nord*, 5 (2^{ème} série): 23-46
- Laloux, M., Geukens, F., Ghysel, P. & Hance, L., Servais, Th.** (2000): Carte géologique de Gemmenich-Botzelaar, Henri-Chapelle - Raeren, Petergensfeld-Lammerdorf, 35/5-6, 43/1-2, 43/3-4, *Service Public de Wallonie, DGARNE*, Namur. Carte et notice (95 p.)
- Légende de la Carte Numérique des Sols de Wallonie (**CNSW**) – version 2 (2007). Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux – Laboratoire de Géopédologie, en relation avec le PCNSW (convention pour le compte de la Région Wallonne – DGA), 54 p. + 2 annexes
- LGIH** (1995): Commune de Pepinster – Réhabilitation du dépotoir "Les baigneurs" – Synthèse des données géologiques et hydrogéologiques – Prospection géophysique. PEP/951
- LGIH** (1999): Prise d'eau d'Olné "Chinchotte G1" – Prospection géophysique. SWDE/994
- Meilliez, F & Mansy, J.L.** (1990): Déformation pelliculaire différenciée dans une série lithologique hétérogène : le dévono-carbonifère de l'Ardennes. *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*.
- Monjoie, A. & Polo-Chiapolini, Cl.** (1973): Influence des travaux miniers sur les caractéristiques hydrogéologiques et géomécaniques des massifs rocheux, *Extrait des Annales des Mines de Belgique*, 9^o livraison.
- Monjoie, A.** (2000): Le cycle de l'eau et les modifications de l'écoulement en surface et en profondeur suite aux travaux miniers, *Bull. Soc. Roy. des Sciences de Liège*, 69(5): 247-264.
- Nys, L. & Linsman, M.** (1930): Observations sur l'hydrologie des calcaires dans la région d'Olné et de Soiron. *Ann. Soc. Géolo. Belgique*, 53, B57-60.
- Pfannkuch, H-O.** (1990): Elsevier's Dictionary of Environmental Hydrogeology, *Elsevier*.
- Quinif, Y.** (1977): Essai d'étude synthétique des cavités karstiques de Belgique, *Revue Belge de Géographie*, Fascicules 1 à 3, 116-173.

- Ruthy I. & Dassargues A.** (2008): Carte hydrogéologique de Wallonie, Dalhem-Herve 42/3-4, Edition: Service Public de Wallonie, DGO3 (DGARNE), Belgique, 1 notice explicative de 53 p. Dépôt légal D/2008/12.796/1 – ISBN 978-2-8056-0058-6
- Simler, R.** (2009): Diagrammes, version 5.1 (23.05.2009), Logiciel d'hydrochimie multilingage en distribution libre, Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon, France
- SPAQuE.** Fiche technique du site Ortmans, Pepinster, Lg7706-001, <http://www.walsols.be/pdfs/8914/159.pdf>
- SPAQuE-SPB Environnement.** (2004): Etude de caractérisation – Site 'Texter', Pepinster (Lg5801-001), 98p & annexes (juin – nov. 2004)
- SPAQuE-SPB Environnement.** (2005): Etude de caractérisation – Site 'Texter', Pepinster (Lg5801-001), Complément d'étude, 16p & annexes (jan-fév 2005)
- SWDE.** (1998): Réalisation de six piézomètres à Pepinster (Anct Cornesse et Wegnez). Service Protection des Ressources et Captages. Rapport Technique n°98
- SWDE** (2005): Réalisation de six piézomètres à Olne (Pz1 à Pz6), Service Protection des Ressources et Captages. Rapport Technique n°186
- 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
- Wildemeersch, S., Couturier, J., Orban, Ph., Gardin, N., Brouyère, S. & Dassargues, A.** (2008). Modélisation d'une partie du bassin charbonnier de Liège selon une approche mixte au moyen du logiciel SUFT3D. *ISSeP*. Rapport final, 108p
- 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*
- Younger, P.L., S.A.Banwart, & al.** (2002): Mine Water: Hydrology, Pollution, Remediation, *Kluwer Academic Publishers.*

ANNEXE 1: LISTE DES ABREVIATIONS DES INSTITUTIONS ET ORGANISMES

- **A.I.D.E.** : Association Intercommunale pour le Démergement et l'Épuration des communes de la Province de Liège.
Rue de la Digue, 25 à 4420 SAINT-NICOLAS (Liège)
<http://www.aide.be/>
- **CILE** : Compagnie Intercommunale Liégeoise des Eaux
Rue du Canal de l'Ourthe, 8 à 4031 LIEGE (Angleur)
<http://www.cile.be/>
- **HG-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.
Département VII de l'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 (DGARNE)

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 Vois 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 Energie (DGTALPE)

- **SWDE** : Société Wallonne des Eaux

Rue de la Concorde, 41 à 4800 VERVIERS

<http://www.swde.be>

ANNEXE 2: TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures

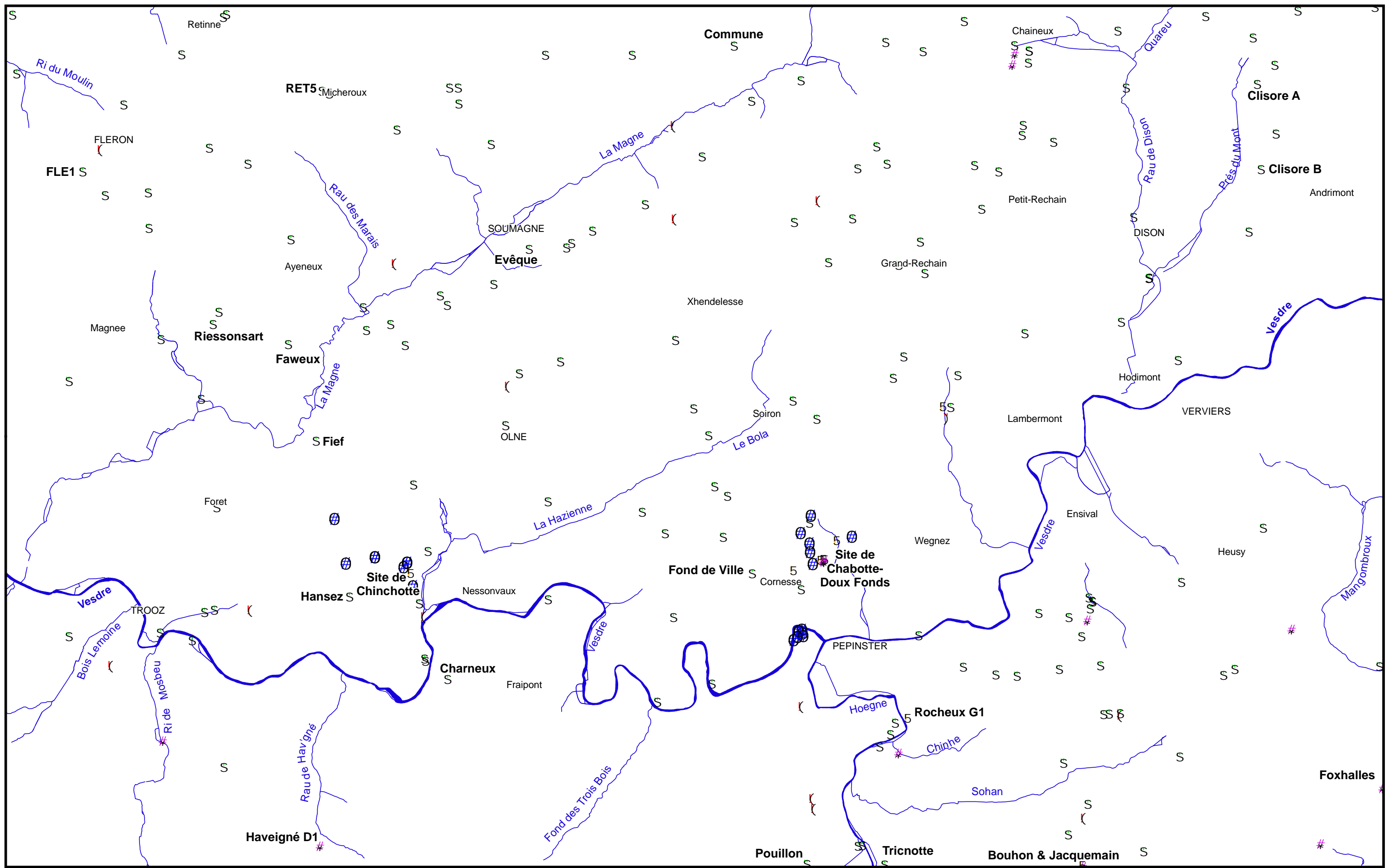
Figure I.1: Plan de situation	6
Figure II.1: Territoires paysagers - Fléron-Verviers	8
Figure II.2: Carte du relief - Fléron-Verviers	8
Figure II.3: Réseau hydrographique et bassins versants - Fléron-Verviers	9
Figure II.4: Répartition de l'occupation du sol - Niveau 1 - Fléron-Verviers	10
Figure II.5: Carte de l'occupation du sol - Fléron-Verviers.....	11
Figure II.6: Carte des types de sol - Fléron-Verviers	12
Figure II.7: Légende de la carte des types de sol - Fléron-Verviers	13
Figure II.8: Répartition des types de sols.....	13
Figure III.1: Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2011; modifié)	14
Figure III.2: 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 (Laloux <i>et al.</i> , 1997)	22
Figure III.3: Structure simplifiée du "Synclinorium de Verviers" (Laloux <i>et al.</i> , 1996)	23
Figure IV.1: Carte de Fléron-Verviers dans le Crétacé du Pays de Herve	35
Figure IV.2: Fluctuations piézométriques de la nappe des craies du Crétacé: RET5, FLE1	37
Figure IV.3: Calcaires carbonifères et dévoniens de la carte Fléron-Verviers	40
Figure IV.4: Site de captage de Chinchotte (Olne - SWDE)	41
Figure IV.5: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère (Hastarien) du Massif de la Vesdre (Site Chinchotte, Olne)	42
Figure IV.6: Fluctuations piézométriques du forage Pz5-Chinchotte (prof: 152 m)	43
Figure IV.7: Site de captage de Haveigné (Louveigné - SWDE)	44
Figure IV.8: Phénomènes karstiques - Carte Fléron-Verviers	47
Figure IV.9: Complexe karstique de Flère (Pepinster).....	48
Figure IV.10: Phénomènes karstiques dans la région d'Olne-Xhendelesse	49
Figure IV.11: Système karstique de la Magne (Trooz)	50
Figure IV.12: Système karstique du Bola (Grand-Rechain, Herve)	51
Figure IV.13: Système karstique de Wislé-Juslenville (Theux, carte Fléron-Verviers)	52
Figure IV.14: Site de captage de Chabotte-Doux Fonds (Pepinster – SWDE).....	54
Figure IV.15: Fluctuations piézométriques de la nappe schisto-gréseuse du Massif de la Vesdre (Site Chabotte, Pepinster).....	55
Figure IV.16: Fluctuations piézométriques du forage Pz5-Chabotte	56
Figure IV.17: Site 'Les Bagneures' (Pepinster)	57
Figure IV.18: Extrait, avec exagération des hauteurs, de la coupe hydrogéologique.....	58
Figure V.1: Diagramme de Piper des eaux souterraines de la carte Fléron-Verviers.....	62

Figure V.2: Zones vulnérables en Région wallonne	71
Figure V.3: Evolution des teneurs en nitrates en quelques points caractéristiques des aquifères de la carte Fléron-Verviers.....	72
Figure V.4: Site Ortmans à Verviers (Lg7706-01-SPAQuE).....	74
Figure V.5: Site Texter à Pepinster (Lg5801-01- SPAQuE).....	75
Figure VI.1: Historique des volumes prélevés pour la distribution publique	77
Figure VII.1: Site de Chinchotte, Olne. Localisation des points d'injection et de surveillance (traçage, mars 2006).....	81
Figure VII.2: Site de Chabotte, Pepinster. Localisation des points d'injection et de surveillance (traçage, septembre 2000).....	82
Figure VIII.1: Zones de prévention des sites de Chabotte et Doux Fonds, à Pepinster (SWDE)	85
Figure VIII.2: Zones de prévention sur la carte Fléron-Verviers	87

Liste des tableaux

Tableau II.1: Répartition détaillée de l'occupation du sol - Territoires agricoles	10
Tableau IV.1: Unités hydrogéologiques de la carte Fléron-Verviers.....	34
Tableau IV.2: Cote piézométrique ponctuelle - Aquifère des calcaires du Carbonifère.....	40
Tableau IV.3: Caractéristiques de l'équipement des piézomètres Pz1-Pz1bis et Pz5-Pz5bis.....	42
Tableau V.1: Caractéristiques hydrochimiques de la nappe des craies du Crétacé.....	63
Tableau V.2: Caractéristiques hydrochimiques des eaux du Houiller.....	64
Tableau V.3: Caractéristiques hydrochimiques de la nappe des calcaires du Carbonifère (Massif de la Vesdre)	65
Tableau V.4: Caractéristiques hydrochimiques de la nappe des calcaires du Carbonifère (Fenêtre de Theux).....	66
Tableau V.5: Caractéristiques hydrochimiques de la nappe des grès du Famennien.....	67
Tableau V.6: Caractéristiques hydrochimiques de la nappe des calcaires du Givetien	68
Tableau V.7: Caractéristiques hydrochimiques des eaux de l'aquitard de l'Eifelien	69
Tableau V.8: Caractéristiques hydrochimiques des eaux de l'aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.....	70
Tableau V.9: Paramètres microbiologiques - Carte Fléron-Verviers	73

ANNEXE 3: CARTE DE LOCALISATION



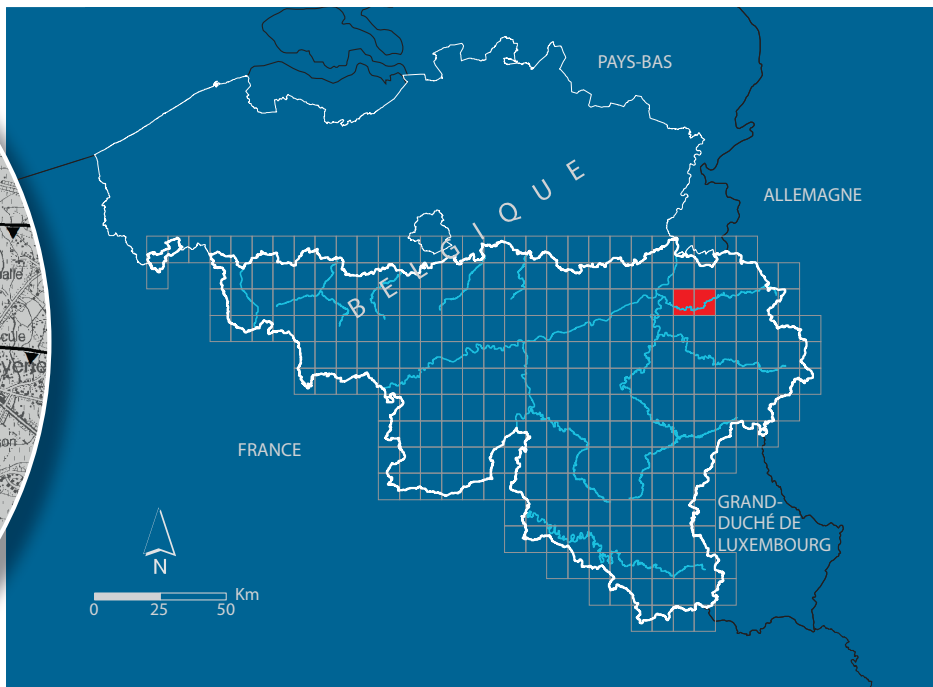
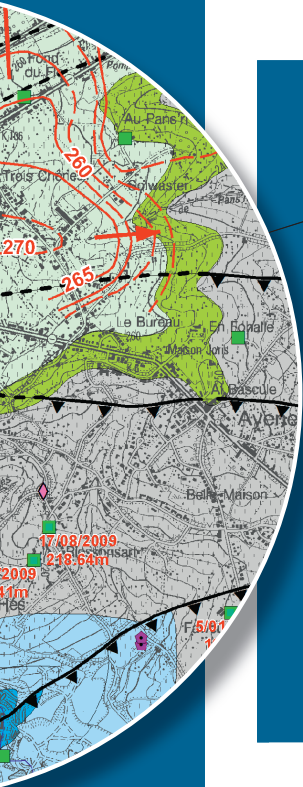
- ⊗ Piézomètre
- ⊗ Puits pour la distribution publique d'eau potable
- ⊗ Autre puits
- 5 Puits sur galerie par gravité
- * Drain
- ⊗ Source (exploitée ou non)



ANNEXE 4: COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE

Nom	Code RW	Identifiant RW	X(m)	Y(m)	Z(m)	Type	Prof.(m)
RET5	42/7/2/003	5533	245690	147180	262	Puits traditionnel	
FLE1	42/7/1/003	5889	242910	146243	255,78	Puits traditionnel	13
Chabotte "Drain d'en Bas D1"	42/8/4/004b	6276	251513	141726	196,28	Drain	L:17
Chabotte Drains "Bois" ou "d'en Haut" D1	42/8/4/007	4430	251505	141737	197,03	Drain	L:10,6 & 5,7
Chabotte "Grand Tunnel G1"	42/8/4/005	97	251529	141741	194,96	Galerie	L:11,5
Chabotte "La Chabotte G1"	42/8/4/001	8123	251512	141748	199,7	Galerie	L:8,67
Chabotte "Source Derooz G1"	42/8/4/006	2248	251478	141737	201,73	Galerie	L:2,5
Doux Fonds G1	42/8/4/003	4113	251665	141966	193,18	Galerie	L:30,67
Grande Fontaine G1	42/8/4/002	1952	251170	141630	231,7	Galerie	
Chabotte PZ1	42/8/4/020	35572	251387,18	141680,39	227,44	Piézomètre	70
Chabotte PZ2	42/8/4/021	35573	251355,65	141816,77	239,73	Piézomètre	54
Chabotte PZ3	42/8/4/022	35574	251349,57	141919,4	255,55	Piézomètre	67,2
Chabotte PZ4	42/8/4/023	35575	251246,31	142038,52	266,20	Piézomètre	77
Chabotte PZ5	42/8/4/024	35576	251364,77	142240,76	227,05	Piézomètre	40,8
Chabotte PZ6	42/8/4/025	35577	251840,03	141997,02	211,56	Piézomètre	25
Chinchotte G1	42/7/5/002	2725	246717,1	141583,2	133,36	Galerie	L:43
Chinchotte – PZ1	42/7/5/014	35653	246675,472	141697,819	159,63	Piézomètre	60
Chinchotte – PZ1 bis	42/7/5/018	35674	246675,472	141697,819	159,63	Piézomètre	60
Chinchotte – PZ2	42/7/5/015	35654	246634,576	141643,485	156,09	Piézomètre	24
Chinchotte – PZ3	42/7/8/008	35655	246743,528	141424,704	121,144	Piézomètre	20
Chinchotte – PZ4	42/7/5/013	34931	245966,904	141687,078	251,907	Piézomètre	70
Chinchotte – PZ5	42/7/5/016	35656	246303,636	141760,661	253,712	Piézomètre	152
Chinchotte – PZ5 bis	42/7/5/019	35675	246303,636	141760,661	253,712	Piézomètre	72
Chinchotte – PZ6	42/7/5/017	35657	245834,799	142203,47	239,857	Piézomètre	80
Haveigné D1	42/7/8/001	4098	245662	138427	205	Drain	L:50

Rocheux G1	42/8/7/006	5756	252490	139901	145,59	Galerie	
Riessonsart	42/7/4/005	22501	244424	144472	213,2	Puits traditionnel	7
Evêque	42/7/3/015	12512	248095	145345	228,8	Puits traditionnel	7
Faweux	42/7/5/007	11358	245298	144239	220	Puits foré	130
Commune	42/8/1/011	11415	250475	147707	273,8	Puits foré	90
Pouillou	42/8/7/020	12238	251322	138206	219,3	Puits foré	75
Fief	42/7/5/006	11372	245620	143118	201,2	Puits foré	90
Clisore A	42/8/3/002	11660	256551	147261	266,8	Puits foré	105
Hansez	42/7/8/002	6262	246010	141306	247,4	Puits foré	165
Fond de ville	42/8/4/011	8752	250685	141578	268,6	Puits foré	52
Clisore B	42/8/3/003	11833	256595	146269	260,5	Puits foré	88
Charneux	42/7/8/0003	12013	247149	140351	167,5	Puits traditionnel	1
Bouhon	42/8/8/001	7274	254520	138190	290	Drain	
Jacquemain	42/8/8/002	1093	254520	138190	290	Galerie	
Foxhalles	42/8/9/003	7199	258000	139100	300	Drain	
Tricotte	42/8/7/008	17440	252223	138199	159,15	Puits	4



SPW | Éditions, CARTES

Dépôt légal : D/2013/12.796/5 – ISBN : 978-2-8056-0127-9

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

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