

## Notice explicative

### CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE WALLONIE

Echelle : 1/25 000



Photos couverture © SPW-DGARNE(DGO 3)

Fontaine de l'ours à Andenne

Forage exploité

Argillère de Celles à Houyet

Puits et sonde de mesure de niveau piézométrique

Emergence (source)

Essai de traçage au Chantoir de Rostenne à Dinant

Galerie de Hesbaye

Extrait de la carte hydrogéologique de Fleurus – Spy



# FLEURUS - SPY

## 47/1-2

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

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



### NOTICE EXPLICATIVE

2014

Première version : Mai 2002  
Actualisation partielle : Août 2013

Dépôt légal – **D/2014/12.796/2** - ISBN : **978-2-8056- 0147-7**

**SERVICE PUBLIC DE WALLONIE**

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

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



**Table des matières**

<b>Avant-propos</b> .....	<b>3</b>
<b>I. Introduction</b> .....	<b>4</b>
<b>II. Cadres géographique, géomorphologique, hydrographique et pédologique</b> .....	<b>5</b>
<b>III. Cadre géologique</b> .....	<b>11</b>
<b>III.1. Cadre géologique régional</b> .....	<b>11</b>
<b>III.2. Cadre géologique de la carte</b> .....	<b>12</b>
III.2.1. Cadre litho-stratigraphique.....	12
III.2.1.1. Formations du Paléozoïque .....	12
III.2.1.2. Formations du Mésozoïque .....	19
III.2.1.3. Formations du Cénozoïque.....	20
III.2.2. Cadre structural .....	21
<b>IV. Cadre hydrogéologique</b> .....	<b>22</b>
<b>IV.1. Description des unités hydrogéologiques</b> .....	<b>24</b>
IV.1.1. Unités hydrogéologiques du Cambro-silurien .....	24
IV.1.1.1. Aquitard du socle cambro-silurien .....	24
IV.1.1.2. Aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien .....	24
IV.1.1.3. Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien .....	25
IV.1.1.4. Aquiclude du socle cambro-silurien .....	25
IV.1.1.5. Aquiclude à niveaux aquitards du socle cambro-silurien .....	25
IV.1.1.6. Aquiclude-aquitard-aquifère du socle cambro-silurien.....	25
IV.1.2. Unités hydrogéologiques du Dévonien.....	25
IV.1.2.1. Aquifères des calcaires du Givetien et du Frasnien.....	25
IV.1.2.2. Aquicludes du Frasnien et du Famennien .....	27
IV.1.2.3. Aquifère des grès du Famennien.....	27
IV.1.3. Unités hydrogéologiques du Carbonifère .....	28
IV.1.3.1. Aquiclude des schistes du Carbonifère.....	28
IV.1.3.2. Aquifère des calcaires du Carbonifère .....	28
IV.1.3.3. Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller .....	29
IV.1.4. Unités hydrogéologiques du Mésozoïque et du Cénozoïque .....	29
IV.1.4.1. Aquitard du Santonien (Crétacé).....	29
IV.1.4.2. Aquifère des sables du Paléocène (Paléogène).....	29
IV.1.4.3. Aquifère des sables de l'Eocène (Paléogène).....	29
IV.1.4.4. Aquitard limoneux (Quaternaire).....	29
IV.1.4.5. Aquifère alluvial (Quaternaire).....	30
<b>IV.2. Description de l'hydrogéologie de la carte</b> .....	<b>32</b>
IV.2.1. Aquifères des calcaires du Carbonifère et du Dévonien.....	32
IV.2.1.1. Aquifère des calcaires du Carbonifère .....	34
IV.2.1.2. Aquifère des calcaires du Frasnien .....	46
IV.2.1.3. Phénomènes karstiques .....	51
IV.2.2. Aquifère des sables de l'Eocène .....	53
IV.2.2.1. Aquifère des sables bruxelliens .....	53
IV.2.2.2. Aquifères sableux logés dans les poches paléokarstiques .....	54
IV.2.3. Unités hydrogéologiques cambro-siluriennes du Massif du Brabant.....	54
IV.2.4. Coupes hydrogéologiques .....	57
IV.2.5. Piézométrie de la carte Fleurus-Spy .....	58
<b>V. Cadre hydrochimique</b> .....	<b>60</b>
<b>V.1. Caractéristiques hydrochimiques des eaux</b> .....	<b>61</b>
V.1.1. Aquifère des calcaires du Carbonifère.....	62
V.1.2. Aquifère des calcaires du Dévonien (Frasnien).....	63
V.1.3. Autres unités hydrogéologiques .....	65
<b>V.2. Problématique des nitrates</b> .....	<b>66</b>

<b>V.3. Qualité bactériologique .....</b>	<b>68</b>
<b>V.4. Pesticides .....</b>	<b>69</b>
<b>V.5. Autres paramètres .....</b>	<b>71</b>
<b>VI. Exploitation des aquifères .....</b>	<b>73</b>
<b>VII. Paramètres d'écoulement et de transport .....</b>	<b>77</b>
<b>VII.1. Aquifère des calcaires du Carbonifère .....</b>	<b>78</b>
<b>VII.2. Aquifère des calcaires du Frasnien .....</b>	<b>83</b>
<b>VIII. Zones de protection .....</b>	<b>86</b>
<b>VIII.1. Cadre légal .....</b>	<b>86</b>
<b>VIII.2. Zones de prévention du captage de Bossière (SWDE) .....</b>	<b>88</b>
<b>VIII.3. Zones de prévention du captage de Spy (VIVAQUA) .....</b>	<b>88</b>
<b>VIII.4. Zones de prévention à définir .....</b>	<b>90</b>
<b>IX. Méthodologie d'élaboration de la carte hydrogéologique .....</b>	<b>92</b>
<b>IX.1. Origine des informations .....</b>	<b>92</b>
IX.1.1. Données géologiques et connexes .....	92
IX.1.2. Données météorologiques et hydrologiques .....	93
IX.1.3. Données hydrogéologiques .....	94
IX.1.3.1. Localisation des ouvrages .....	94
IX.1.3.2. Données piézométriques .....	94
IX.1.3.3. Données hydrochimiques et tests sur les puits .....	94
IX.1.4. Autres données .....	95
<b>IX.2. Base de données hydrogéologiques .....</b>	<b>95</b>
<b>IX.3. Poster de la carte hydrogéologique .....</b>	<b>96</b>
IX.3.1. Carte hydrogéologique principale .....	96
IX.3.2. Carte des informations complémentaires et du caractère des nappes .....	97
IX.3.3. Carte des volumes d'eau prélevés .....	97
IX.3.4. Tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie' .....	98
IX.3.5. Coupes hydrogéologiques .....	98
<b>X. Bibliographie .....</b>	<b>99</b>
<i>Annexe 1: Liste des abréviations des institutions et organismes .....</i>	<b>104</b>
<i>Annexe 2: Table des illustrations .....</i>	<b>106</b>
<i>Annexe 3: Carte de localisation .....</i>	<b>108</b>
<i>Annexe 4: Coordonnées géographiques des ouvrages cités dans la notice .....</i>	<b>109</b>

## AVANT-PROPOS

La réalisation de la carte hydrogéologique Fleurus-Spy 47/1-2 s'inscrit dans le cadre du programme de cartographie des ressources en eau souterraine de Wallonie, commandé et financé par le Service Public de Wallonie (SPW), Direction Générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement (DGARNE-DGO3). Cette carte hydrogéologique a été réalisée par l'unité 'Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement' du secteur GEO<sup>3</sup> 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 édition de cette carte date de mai 2002<sup>1</sup>. L'actualisation de cette carte a été réalisée en 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 au projet 'Carte hydrogéologique de Wallonie' l'Université de Mons (UMons), l'Université de Namur (UNamur) 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 SWDE et VIVAQUA ainsi que l'ISSeP et la SPAQuE. Nous remercions aussi tous les particuliers et industries qui nous ont permis de visiter leur prise d'eau et d'y faire quelques mesures, lors de la première édition de la carte hydrogéologique. Pour leur relecture attentive et constructive de la carte et de la notice, nous remercions Ludovic Capette (UNamur), Jean-Louis Pingot (UCL) et Marie Derick (VIVAQUA).

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.

Les données utilisées pour la réalisation de la carte ont été encodées dans une base de données (GDB-ArcGIS-Esri) qui a été remise à la Direction des Eaux Souterraines (SPW, DGO3 DGARNE).

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>.

---

<sup>1</sup> Ruthy I. & Dassargues A. (2002). Carte hydrogéologique de Wallonie, Fleurus-Spy, 47/1-2. 1:25000. Namur, Service Public de Wallonie, Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement, 1 notice explicative de 39 p. + annexes

## I. INTRODUCTION

A la frontière entre les Provinces de Namur, du Hainaut et du Brabant Wallon, la carte Fleurus-Spy se situe à une quinzaine de kilomètres à l'ouest de Namur (figure I.1). Le bassin hydrographique de l'Orneau, affluent de la Sambre, occupe la majeure partie de la carte.

Le contexte géologique de la région est très varié et complexe. Les terrains rencontrés s'étendent de l'Ordovicien au Houiller, marqués par plusieurs failles. Ces formations du Paléozoïque sont couvertes, partiellement, par des terrains de couverture, essentiellement datés de l'Eocène (Cénozoïque). Hydrogéologiquement, les principales ressources en eaux souterraines se trouvent dans les formations calcaires carbonifères et dévoniennes, traversant la carte d'ouest en est. Ces aquifères sont exploités en plusieurs sites par la SWDE et par VIVAQUA.

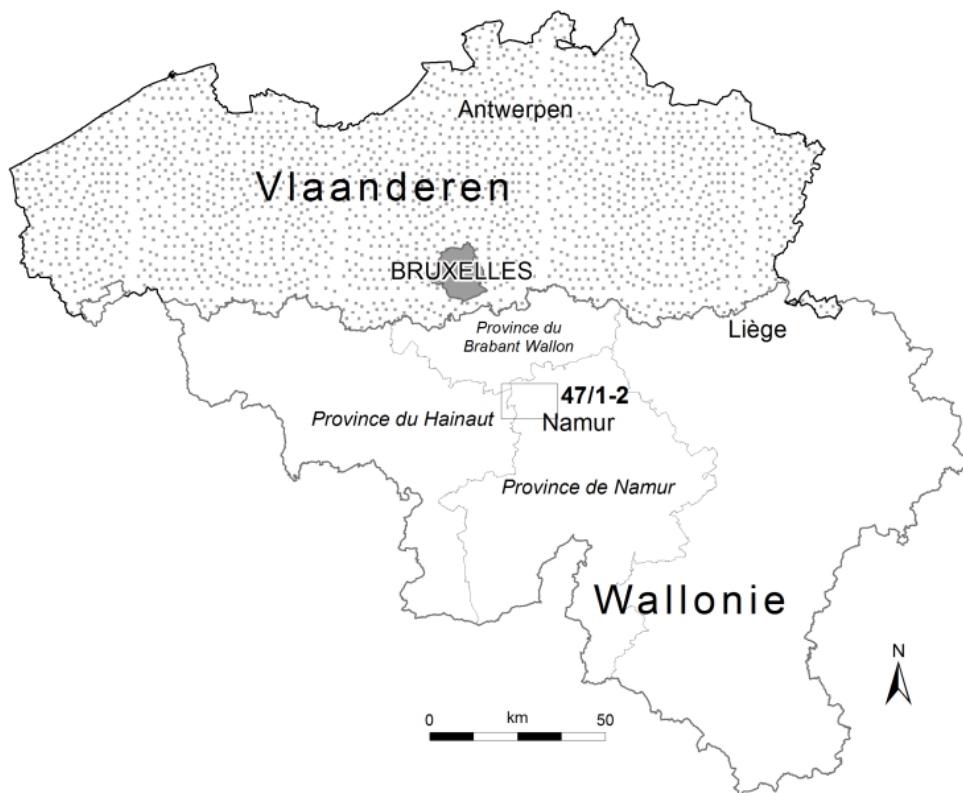


Figure I.1: Localisation de la carte Fleurus-Spy

## II. CADRES GEOGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE, HYDROGRAPHIQUE ET PEDOLOGIQUE

La région de Fleurus-Spy, située au cœur de la Wallonie, à la limite du plateau brabançon et du bassin houiller de la Basse-Sambre, est à vocation principalement agricole. Ses principales localités sont Fleurus, Sombreffe, Spy et Jemeppe-sur-Sambre. La carte est traversée d'ouest en est par l'autoroute de Wallonie, E42. La zone compte aussi quelques axes routiers nationaux majeurs, tel la N4 au nord-est ou encore la N93 reliant Nivelles à Namur (direction NW-SE).

Quatre ensembles paysagers<sup>2</sup> se distinguent sur la zone cartographiée (figure II.1): l'Ensemble mosan (06), l'Ensemble de la Haine et de la Sambre (05), les vallonnements brabançons (02) et les bas-plateaux limoneux brabançon et hesbignon (03) (Droeven *et al.*, 2004). Ce dernier ensemble occupe la majeure partie de la carte (environ 80 %) où il est découpé en trois faciès paysagers. Cet ensemble paysager s'étend au nord du sillon Sambre-et-Meuse. Le Plateau agricole namurois en occupe la partie méridionale (versant mosan de la Hesbaye namuroise). Cette zone de plateau est entaillée par quelques vallées encaissées et arborées (dont l'Orneau). Région essentiellement agricole, avec des grands champs ouverts, on note l'absence de grosses agglomérations, même si la périurbanisation commence à se faire ressentir, notamment dans la partie sud de la carte Fleurus-Spy (De Witte *et al.*, 2009).

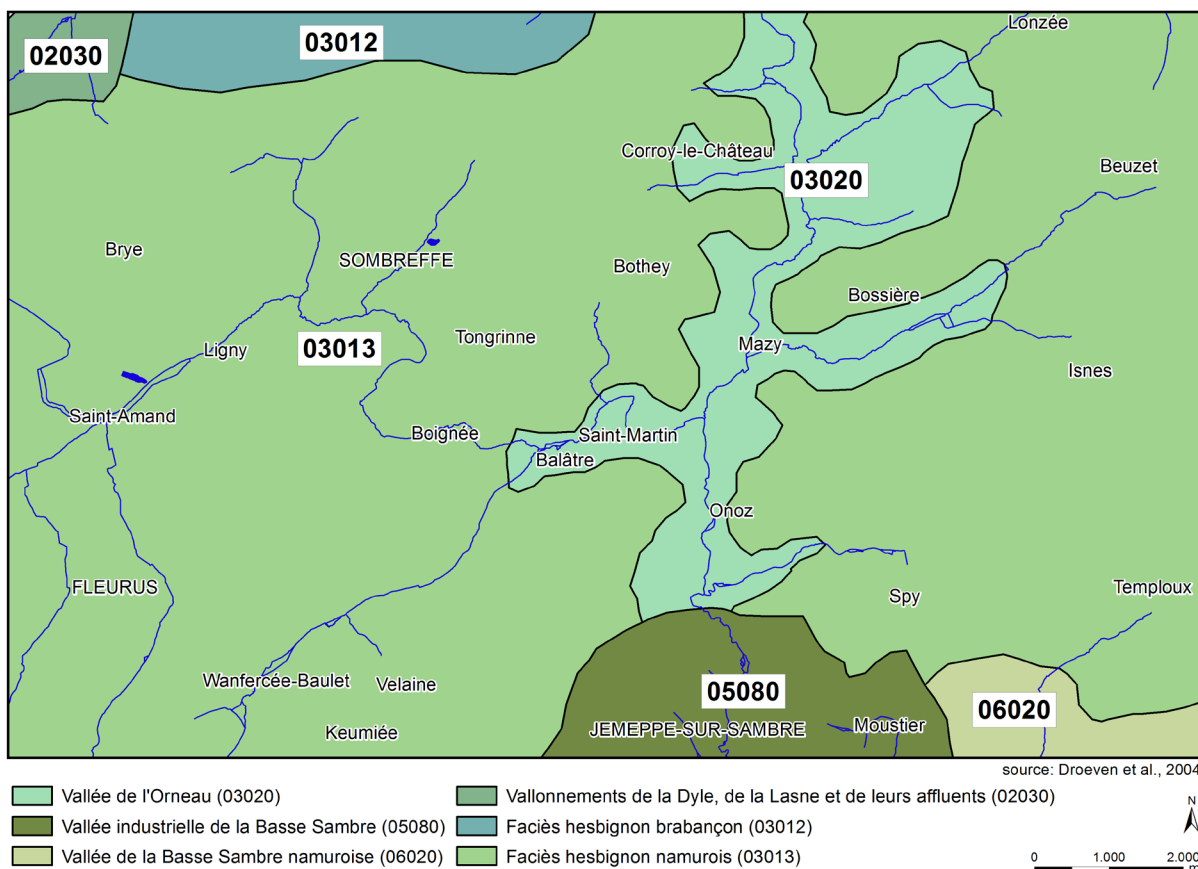


Figure II.1: Territoires paysagers - Fleurus-Spy

<sup>2</sup> 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).

Le relief de la région de Fleurus-Spy est relativement calme, à l'exception de la vallée de l'Orneau fortement encaissée (figure II.2). L'altitude du point bas de la carte est de 85-90 m, sur Jemeppe-sur-Sambre, le long de l'Orneau. La ligne de crête entre le bassin de l'Orneau et celui du Houyoux constitue les points culminants de cette carte (190-195 m).

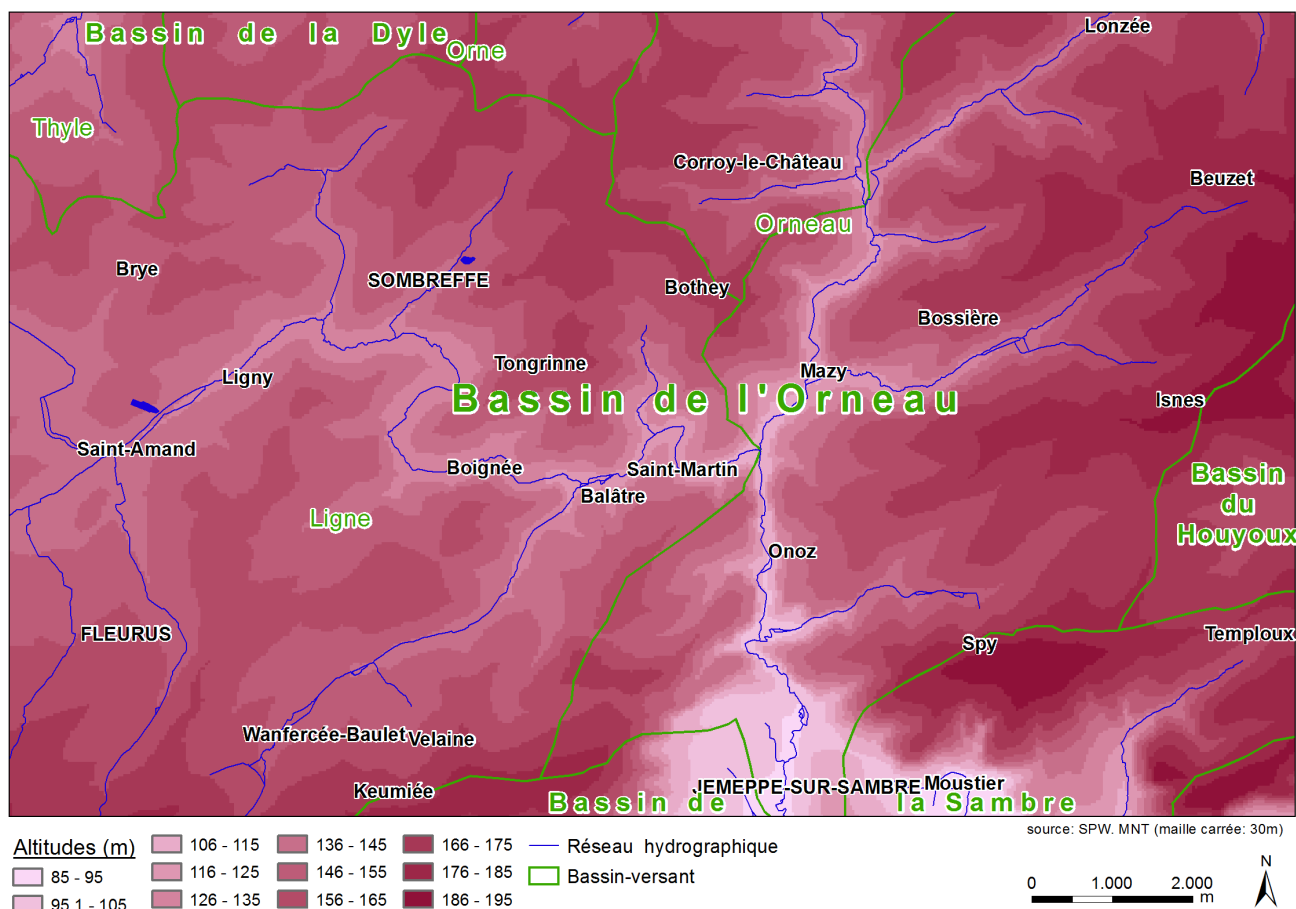


Figure II.2: Relief et bassins-versants - Fleurus-Spy

La carte appartient majoritairement au bassin hydrographique de la Meuse, via le bassin de la Sambre, à l'exception d'un petit morceau du territoire de la carte au nord-ouest appartenant à l'Escaut. Le réseau hydrographique, orienté grossièrement nord-sud, est assez dense. Les principales rivières de la carte Fleurus-Spy sont (figure II.3):

- l'Orneau, de direction nord-sud, est le principal exutoire des eaux de surface de cette carte. Il se jette dans la Sambre au sud de Jemeppe-sur-Sambre. Il reçoit plusieurs ruisseaux et rivières dont la Ligne en rive droite. Son bassin-versant occupe 83 % de la superficie de la carte;
- au nord-ouest, s'écoulent vers le nord quelques rivières appartenant au bassin de la Dyle (Rupel → Escaut);
- au sud-est, coule la Petite Sambre, affluent direct de la Sambre;
- à l'ouest de la région étudiée, se trouve le bassin du Houyoux (partie amont). Cette rivière est un affluent direct, en rive gauche, de la Meuse.



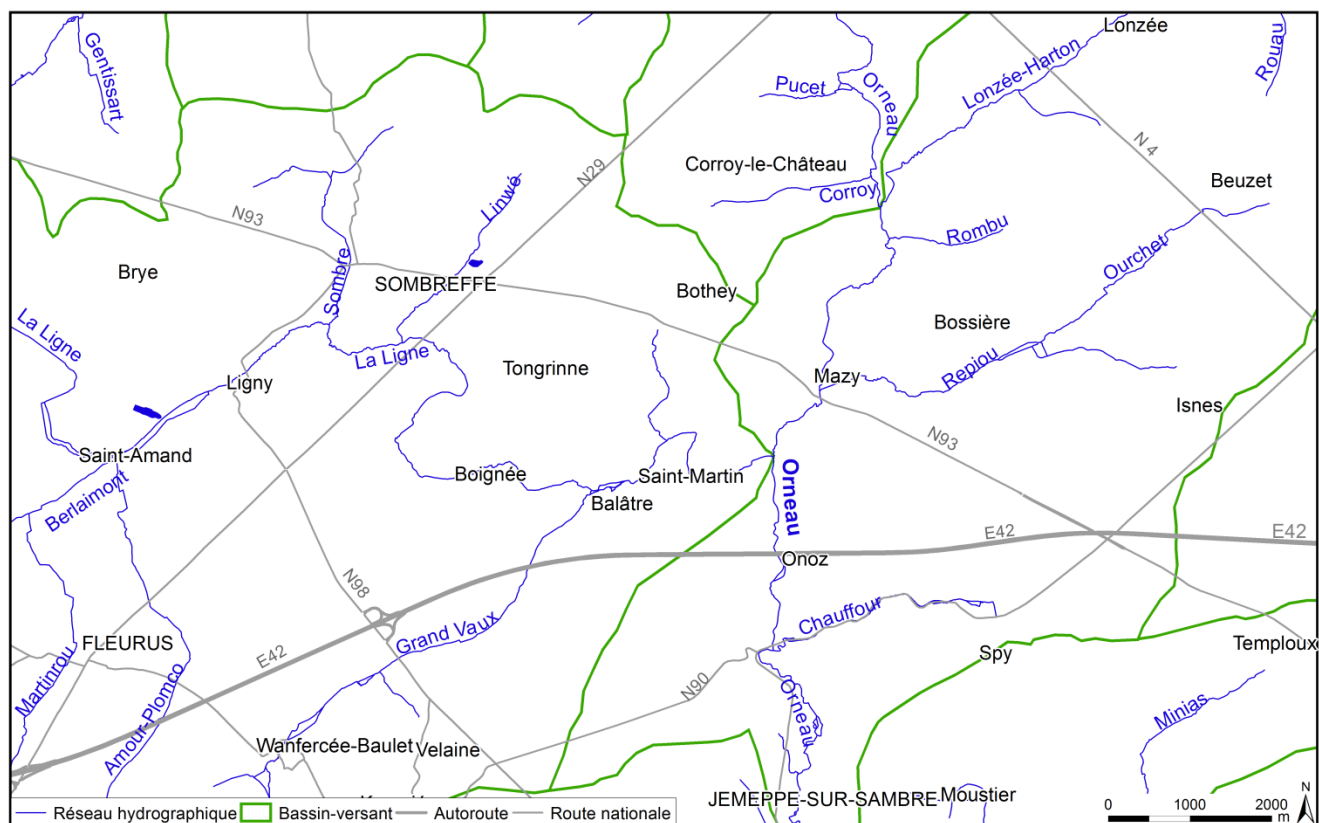


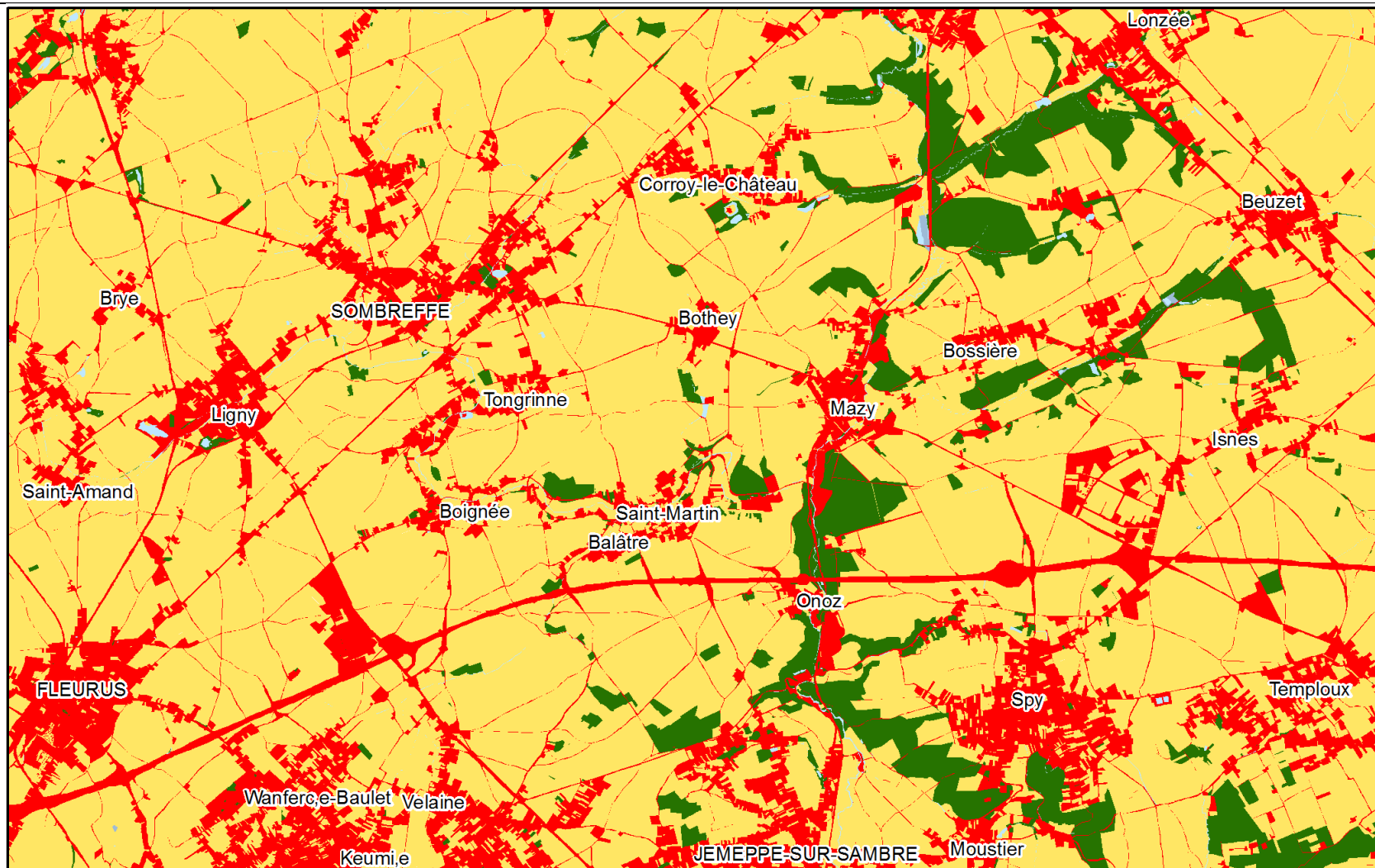
Figure II.3: Réseau hydrographique - Fleurus-Spy

La figure II.4 représente la carte d'occupation du sol de la région de Fleurus-Spy (répartition selon les 6 classes du niveau 1). Ces données sont extraites de la carte numérique de l'occupation du sol wallon<sup>3</sup>. 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. Dans la catégorie 'Terres arables', outre les cultures sarclées (betteraves, maïs, pommes de terre...), on dénombre aussi plusieurs parcelles dédiées aux cultures maraîchères et horticoles. Les gros bourgs et les principales voies de communication sont aisément repérables (territoires artificialisés), tout comme la vallée de l'Orneau et ses versants boisés (forêts et milieux semi-naturels).

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

Terres arables (essentiellement des cultures sarclées)	77 %
Surfaces enherbées (essentiellement des prairies permanentes)	21,3 %
Cultures permanentes (vergers)	1 %
Fiches agricoles	0,7 %

<sup>3</sup> 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://geoportail.wallonie.be>



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

Occupation du sol - Niveau 1

- Territoires artificialisés (18.5%)
- Territoires agricoles (74%)
- Forêts et milieux semi-naturels (7%)
- Zones humides (0.03%)
- Surfaces en eau (0.4%)
- Non classé (0.001%)

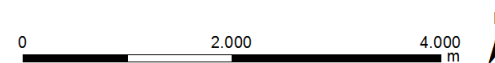
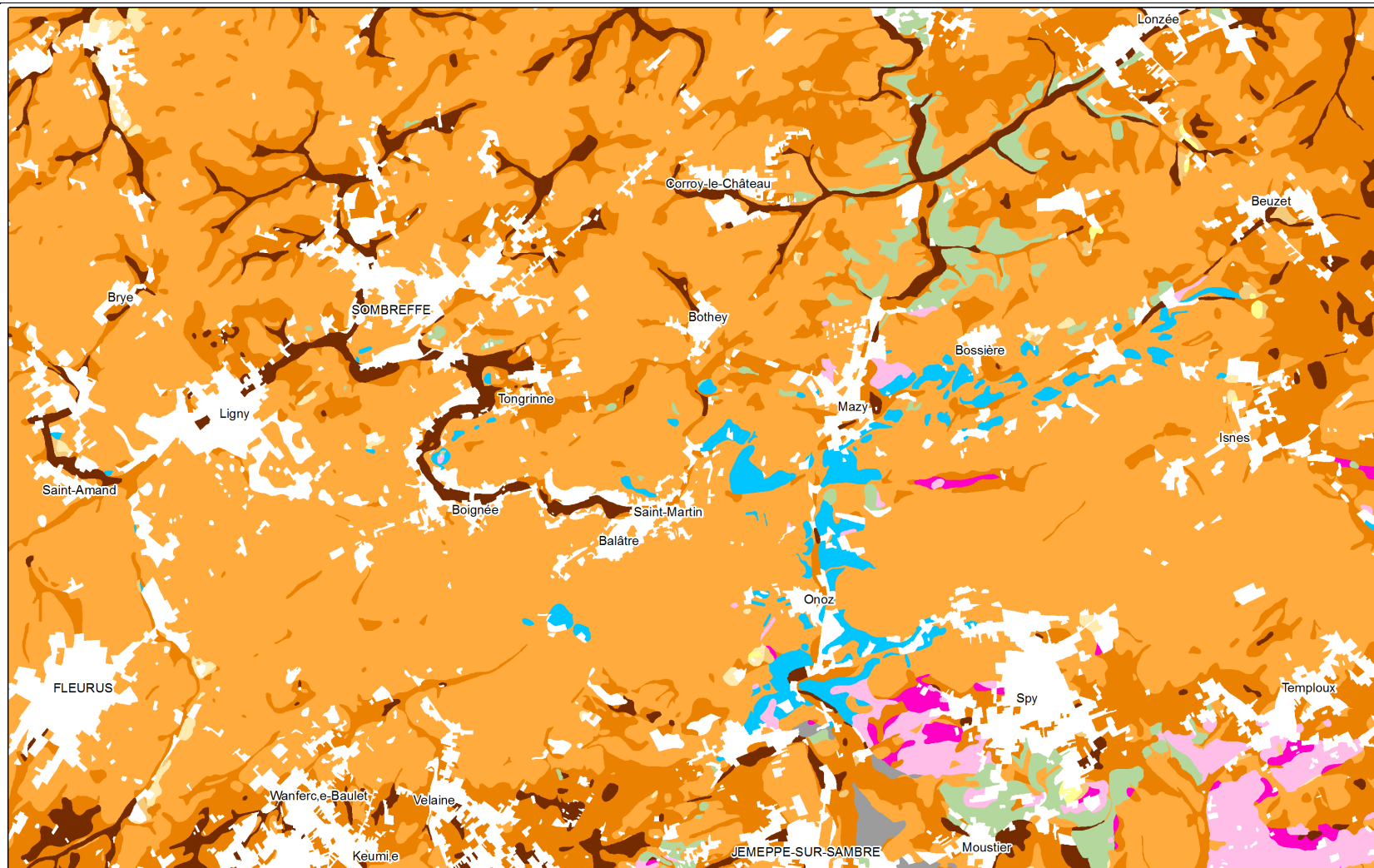


Figure II.4: Carte de l'occupation du sol - Fleurus-Spy



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

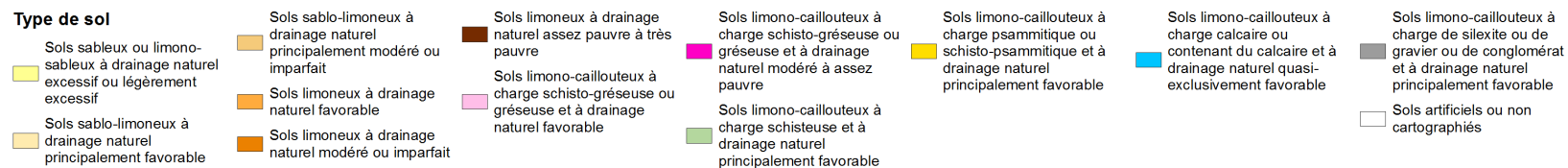


Figure II.5: Carte des types de sol – Fleurus-Spy

La carte de Fleurus-Spy, comme l'essentiel de la région située au nord de la Meuse, est marquée par un important manteau limoneux masquant les terrains sous-jacents. La carte des sols, présentée à la figure II.5, est plutôt homogène. Les "sols limoneux à drainage naturel favorable"<sup>4</sup> représentent la classe dominante, type particulièrement favorable aux activités agricoles (figure II.6). Les fonds de vallée sont généralement caractérisés par des sols limoneux à drainage naturel modéré à imparfait et à drainage naturel assez pauvre à très pauvre.

La nature de la charge caillouteuse des sols est directement liée à la roche-mère. Ainsi, les sols à charge calcaire se retrouvent davantage au droit des formations carbonatées (par exemple dans la vallée de l'Orneau). Dans le sud de la carte, là où les terrains du Houiller affleurent, on est en présence de sols à charge plutôt schisteuse et schisto-gréseuse.

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.

Sols limoneux à drainage naturel favorable (4010)	57,3
Sols limoneux à drainage naturel modéré ou imparfait (4020)	19,1
Sols limoneux à drainage naturel assez pauvre à très pauvre (4030)	4,1
Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel favorable (7210)	1,7
Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel modéré à assez pauvre (7310)	2
Sols limono-caillouteux à charge calcaire ou contenant du calcaire et à drainage naturel quasi-exclusivement favorable (7510)	1,6
Sols artificiels ou non cartographiés (30000)	12,9
Autres (regroupement des classes représentant individuellement <1%)	1,3

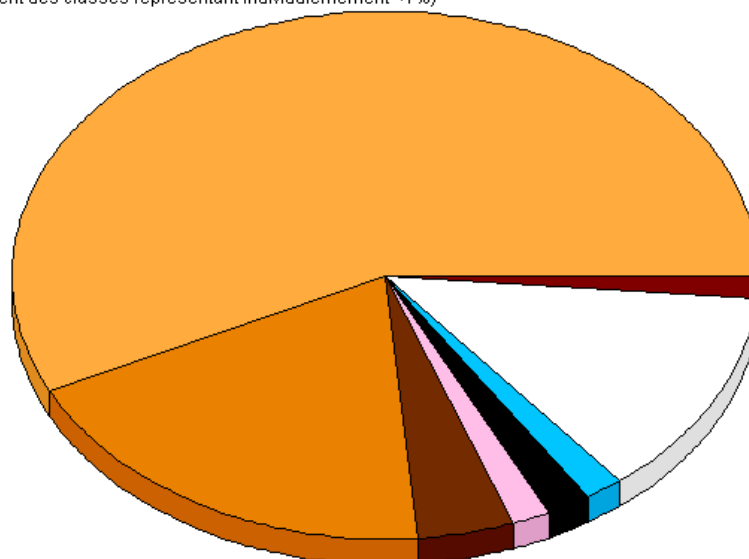


Figure II.6: Répartition des types de sol – Fleurus-Spy

<sup>4</sup> Terminologie issue de la carte des sols de Wallonie. Pour plus d'informations: <http://cartopro3.valid.wallonie.be/CIGALE>



### III. CADRE GEOLOGIQUE

#### III.1. CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL

La carte Fleurus-Spy se situe sur deux grandes unités morpho-structurales : au nord, le Massif calédonien du Brabant et, au sud le Parautochtone brabançon (anciennement Synclinorium de Namur)(Belanger *et al.*, 2012). Le Massif du Brabant (appelé aussi socle brabançon) est une structure autochtone formée de terrains cambro-siluriens, ayant subi l'orogénèse calédonienne. Le Parautochtone brabançon est composé de terrains dévono-carbonifères, marqués par l'orogénèse varisque. Le taux de déformation de ces couches décroît vers la base (donc vers le nord). Ainsi les couches de la base de cette série dévono-carbonifère sont non déformées et reposent en discordance sur le socle brabançon. Vers le sud (hors carte), une troisième unité structurale, reposant sur le Parautochtone brabançon, a été définie : les Ecailles et massifs renversés de Haine-Sambre-Meuse (Belanger *et al.*, 2012). Plus au sud, encore, se trouve l'Allochtone ardennais limité au nord par une zone failleuse correspondant à la "Faille du Midi". Le Synclinorium de Dinant est l'une des unités de cette mégastructure (figure III.1).

Une couverture de terrains meubles repose en discordance sur les roches paléozoïques. Au cours du Cénozoïque, à plusieurs reprises, une paléo-Mer du Nord s'est avancée vers le sud en déposant principalement des sédiments au nord du sillon Sambre-et-Meuse. Dans la région étudiée, ces dépôts, essentiellement d'âge paléogène, recouvrent le plateau brabançon au nord, et occupent localement des poches paléokarstiques au sud. On observe des résidus du Crétacé entre les terrains paléozoïques et les formations cénozoïques.

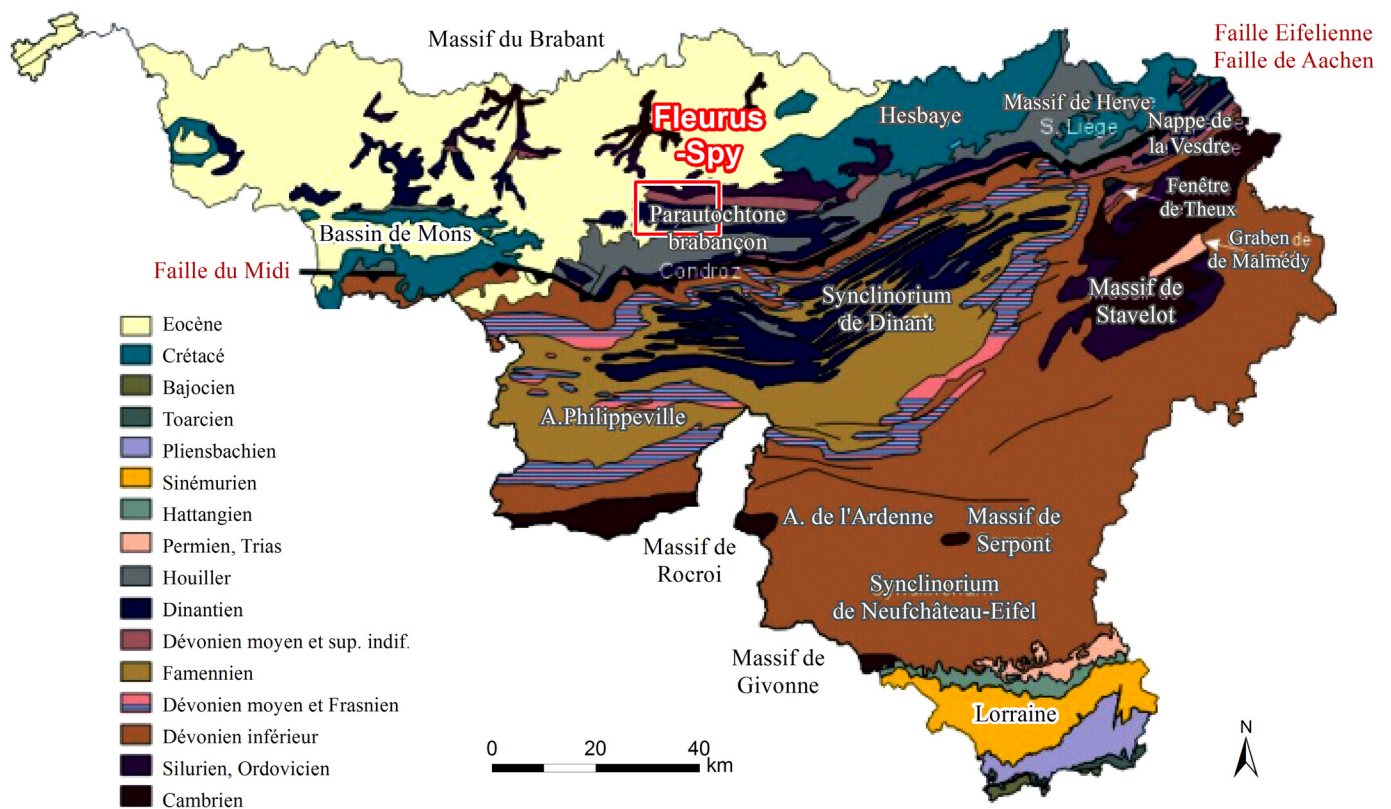


Figure III.1: Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2011; modifié)

## III.2. CADRE GEOLOGIQUE DE LA CARTE

Les formations géologiques rencontrées sur la carte Fleurus-Spy sont constituées de roches datées de l'Ordovicien (Caradoc) au Carbonifère (Westphalien). Une importante discordance stratigraphique allant du Silurien supérieur au Givetien inférieur est relevée. Les formations du socle paléozoïque sont surmontées par quelques dépôts crétacés (résidus), par des sables cénozoïques, par des alluvions et de façon générale par les limons quaternaires. Ces roches sont affectées de nombreuses failles.

La description lithologique des formations fait référence à la nouvelle carte géologique Fleurus-Spy au 1/25.000, dressée par Delcambre et Pingot (2008). Cette carte géologique sert de fond à la carte hydrogéologique ; elle a été fournie sous format numérique par le Service Public de Wallonie.

### III.2.1. Cadre litho-stratigraphique

#### III.2.1.1. Formations du Paléozoïque

##### III.2.1.1.1 Ordovicien

Les formations de l'Ordovicien affleurent peu sur la carte Fleurus-Spy. Elles apparaissent dans la partie nord de la carte (figure III.2). Ces roches ont été déformées une première fois lors de l'orogénèse calédonienne.

- La **Formation de Bornival (BNV)** est constituée de schistes silteux verts, argileux, assez homogènes et micacés (Unité de la Chapelle Sainte Adèle), de siltites compactes (Unité du Cimetière de Grand-Manil) et de siltites gris foncé, généralement homogènes, parfois rubanés alternant avec des niveaux plus clairs et plus gréseux (Unité de La Vôte). L'épaisseur de ces terrains est évaluée entre 300 et 400 m.
- Le **regroupement des Formations de Huet et de Madot (HM)** est composé de siltites micacées fossilifères et gréseuses, avec de nombreuses imbrications limonitiques. L'épaisseur de ces terrains est d'environ 65 m. Dans la vallée de l'Orneau, le sommet du groupe renferme de minces dépôts volcano-sédimentaires (Horizon de la Porphyroïde de Grand-Manil). Ils n'affleurent pas sur cette carte.
- La **Formation du Brutia (BRT)** est représentée par deux membres: le Membre inférieur et le Membre de l'Eurite de Nivelles (ρ). Le premier, d'une cinquantaine de mètres d'épaisseur, est composé de schistes et de siltites gris foncé assez compacts. Le second correspond à un dépôt gris clair d'ignimbrites consolidées montrant une altération blanchâtre. Son épaisseur est d'environ 40 m. Ainsi l'épaisseur de toute la formation totalise 80 à 100 m.



### III.2.1.1.2 Silurien

Le Silurien affleure également dans le nord de la carte, entre autres dans la partie amont de la vallée de l'Orneau (figure III.2). Ces roches ont été déformées une première fois lors de l'orogénèse calédonienne. Sur la carte Fleurus-Spy, plusieurs formations sont distinguées au sein de ce système.

- La **Formation du Bois-Grand-Père (BGP)** est composée de schistes gris foncé renfermant des bancs de grès micacé, parfois lenticulaires. Son épaisseur est estimée au moins à 200 m.
- Constituée de schistes vert-gris, la **Formation de Fallais (FLL)** est épaisse d'environ 300 m. A son sommet, on observe quelques mètres de tuff volcanique, l'Horizon cinéritique de Pitet.
- Dans la **Formation de Corroy (COY)** alterne des bancs de grès gris clair à stratifications entrecroisées, de siltites et de schistes gris foncé. L'épaisseur de ces terrains est estimée à 200 m.
- La **Formation des Vallées (LVA)** renferme des schistes et des siltites englobant des grès fins en bancs déci- à pluridécimétriques. Son épaisseur est de l'ordre de 200 à 300 m.
- La **Formation de Vissoul (VSS)** est composée de schistes et siltites gris-vert avec quelques bancs gréseux minces à stratifications entrecroisées. Les roches argileuses présentent une patine roussâtre, laissant suspecter la présence de carbonates dans la masse. L'épaisseur de cette formation est de 100 m au maximum.
- La **Formation de Fumal (FUM)** est constituée de siltites et de schistes gris-vert assez homogènes, alternant avec de petits bancs de grès fin à stratifications entrecroisées. La fréquence de ces bancs de grès est supérieure à celle observée dans la Formation de Vissoul. Dans la vallée de l'Orneau, son épaisseur est proche de 300 m.
- La **Formation de Vichenet (VCH)** clôture le système Silurien sur la carte Fleurus-Spy. Elle est caractérisée par des gros bancs de siltites et de siltites gréseuses, souvent fort homogènes. Son épaisseur est estimée à plus de 200 m.
- Dans le coin nord-est de la carte étudiée, à Beuzet, le socle est peu visible. Ainsi les roches siluriennes ont été cartographiées en une seule unité: **Silurien indifférencié (SIL)**.

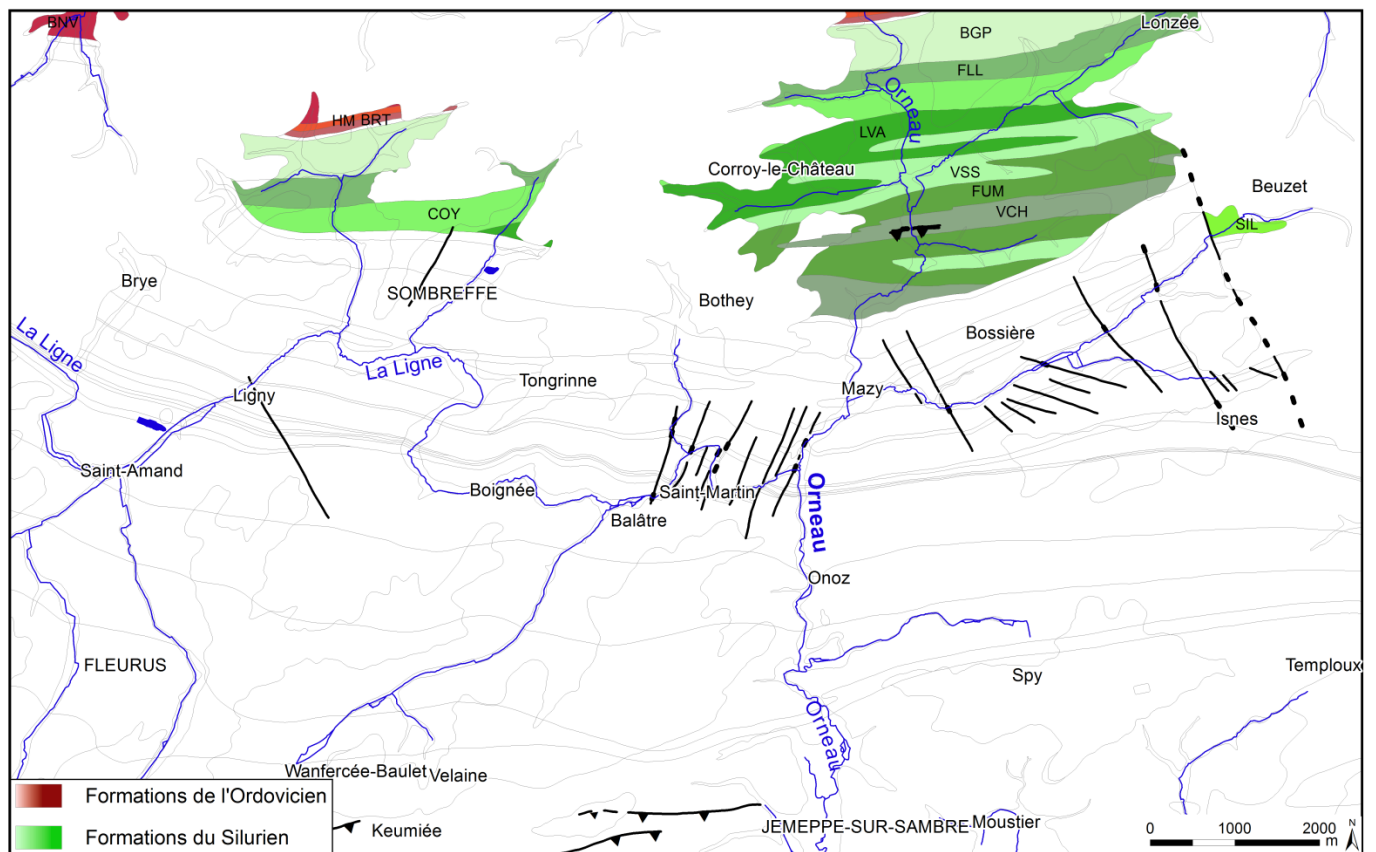


Figure III.2: Terrains calédoniens du Massif du Brabant - Fleurus-Spy

### III.2.1.1.3 Dévonien

Les terrains dévoniens reposent en discordance sur le socle brabançon calédonien. Une importante lacune couvre la partie supérieure du Silurien, le Dévonien inférieur, l'Eifelien et la partie inférieure du Givetien. Ainsi, ce système est représenté sur la carte Fleurus-Spy par les étages Givetien, Frasnien et Famennien (figure III.3).

#### Givetien

Seule représentante du Givetien, la **Formation du Bois de Bordeaux (BOR)** est subdivisée en trois membres:

- le *Membre des Mautiennes (MTN)* composé de grès et de schistes, et de quelques bancs de grès à fragments calcaires. A la base, un conglomérat ou grès conglomératique lie-devin a été observé (Poudingue d'Alvaux). Dans la vallée de l'Orneau, l'épaisseur de ce membre atteint 17 m.
- le *Membre d'Alvaux (ALV)* est formé de calcaires stratifiés souvent fins, parfois noduleux, à intercalations calcschisteuses, surmontés de schistes brunâtres à nodules calcaires. Son épaisseur est variable: 45 m à Sart-Dames-Avelines et 67 m à Alvaux.

- le *Membre de Mazy (MAZ)* est constitué de conglomérats, de grès, des schistes silteux rouges à lie-de-vin avec des couches de calcaires gréseux ou de grès carbonaté. Dans la vallée de l'Orneau, son épaisseur atteint 45 m.

### Frasnien

Trois formations composent le Frasnien de la région de Fleurus-Spy. Tout comme les roches du Givetien, ces terrains ont été déformés et fracturés lors du plissement varisque.

- La **Formation de Bovesse (BOV)** regroupe des schistes et des lentilles carbonatées. Elle est divisée en trois membres:
  - le Membre de Bossière (BOS) composé de schistes fins à oolithes ferrugineuses (hématite). Son épaisseur est faible, 10 m au maximum;
  - le *Membre de Combreuil (CBR)* formé de lentilles de dolomie massive, souvent pulvérulente, dense ou caverneuse. Leur épaisseur peut atteindre 20 m;
  - le *Membre du Champ du Fau (CHF)* formé de schistes entourant les lentilles dolomitiques du membre précédant et s'enrichissant en nodules calcaires à leur proximité. L'épaisseur de ce membre est de 70 à 90 m, hors développement des lentilles du Membre de Combreuil.
- La **Formation de Rhisnes (RHI)** comprend trois membres, dans la vallée de l'Orneau:
  - le *Membre de Watiamont (WAT)* constitué de calcaires argileux et noduleux souvent très fossilifères et parfois partiellement dolomités (épaisseur entre 30 et 45 m);
  - le *Membre de Golzinne (GZN)* correspond à la veine marbrière (environ 12 m) intensivement exploitée dans la région. Celle-ci est constituée de calcaires noirs, très fins et stratifiés. Ces calcaires noirs sont séparés par des intercalations de calcaire dolomitique à aspect bréchiq, de schistes et de calcschistes (épaisseur: 20 m);
  - le *Membre de Falnuée (FLN)* composé de calcaires noduleux et de schistes noduleux (présence de lumachelles et autres brachiopodes). Son épaisseur est comprise entre 60 et 70 m.
- La **Formation de Franc-Waret (FRW)** fait la jonction entre le Frasnien et le Famennien. Elle est constituée de schistes avec quelques traces fossilifères. Elle contient aussi un horizon d'oolithes ferrugineuses (hématite) autrefois exploité. L'épaisseur de cette formation est de 20 m au maximum.

### Famennien

Une seule formation représente l'étage Famennien. Il s'agit de la **Formation du Bois de la Rocq (BDR)**. Dans la vallée de l'Orneau, elle comprend des grès, des grès carbonatés, des dolomies et des calcaires foncés. Cette formation s'épaissit vers l'est, pouvant atteindre 45 m. A l'ouest de l'Orneau, cette formation disparaît. Les calcaires frasniens sont donc directement en contact avec les schistes de Pont d'Arcole (lacune stratigraphique des terrains famenniens). Dans la région-type (carte Lens-Soignies), cette formation est considérée comme un des membres de la Formation de la Samme.

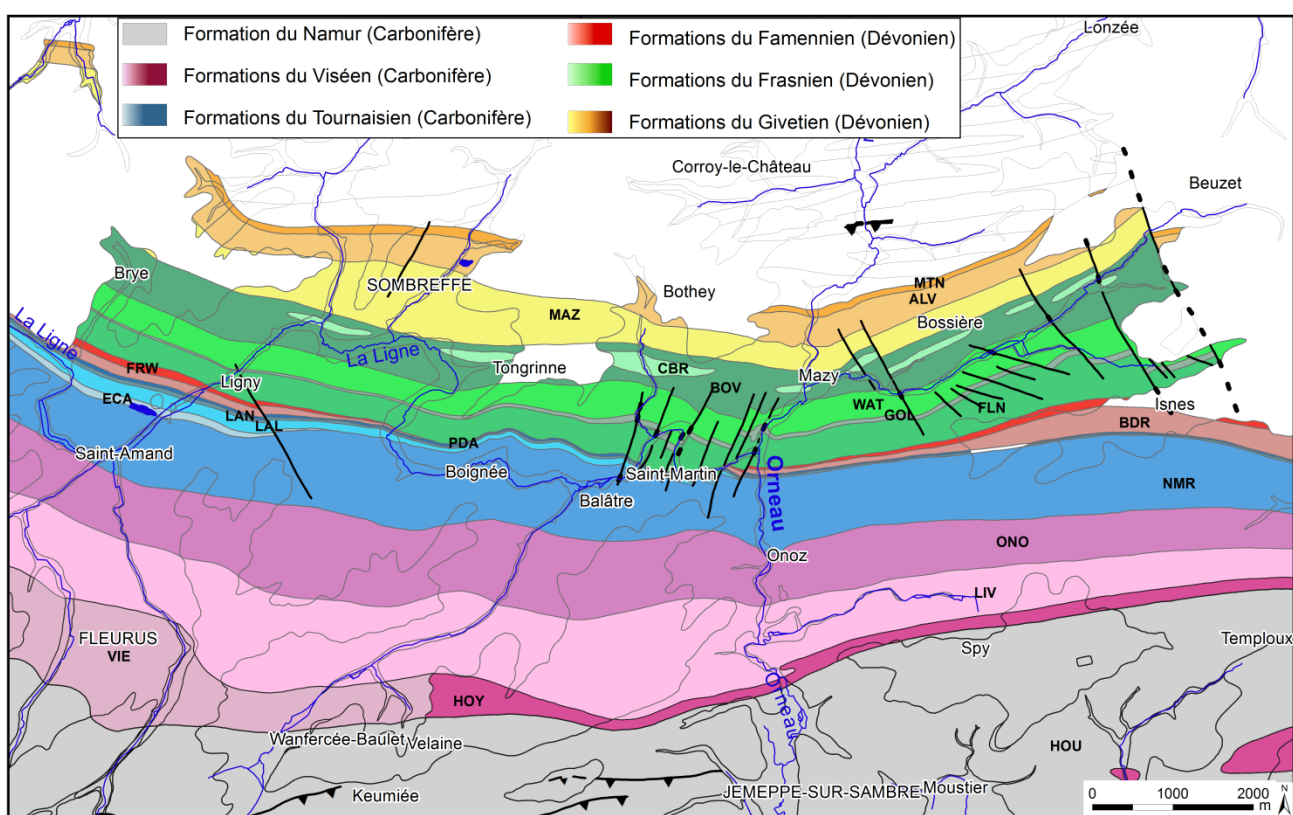


Figure III.3: Terrains terrigènes et carbonatés dévono-carbonifères – Fleurus-Spy

### III.2.1.1.5 Carbonifère

La sédimentation carbonatée du Carbonifère commence avec le Tournaisien, ensuite lui succèdent les formations du Viséen, du Namurien et du Westphalien. Ces terrains affleurent sur la moitié sud de la carte étudiée (figure III.3).

#### Tournaisien

- Sur la carte Fleurus-Spy, l'Hastarien démarre avec la **Formation de Pont d'Arcole (PDA)**. Elle est caractérisée par des schistes (shales) fins brun verdâtre à gris brunâtre. Dans la vallée de l'Orneau, leur épaisseur est comprise entre 8 et 10 m.
- Ensuite, la **Formation de Landelies (LAN)** est composée de calcaire crinoïdique partiellement dolomitisé, en bancs peu réguliers. Son épaisseur est de quelques mètres dans la vallée de l'Orneau, probablement davantage vers l'ouest.
- La **Formation de Lalaing (LAL)** marque le début de l'Ivorien. Absente à l'est de l'Orneau, on la retrouve à l'ouest de la rivière où elle atteint 25 m d'épaisseur à Balâtre. Elle est formée principalement de calcaires et dolomies stratifiés avec des intercalations de calcschistes et des horizons riches en rognons de cherts. On note également la présence de lumachelles à spiriféridés dans plusieurs bancs.
- La **Formation des Ecaussinnes (ECA)** est composée d'encrinite gris foncé (Le Petit Granit de Ligny), intensivement exploité autrefois. L'épaisseur de cette formation est supérieure à 30 m.
- La **Formation de Namur (NMR)** est marquée par une dolomitisation complète. Elle est constituée de dolomies très crinoïdiques et stratifiées s'intercalant dans des horizons de dolomies à cherts. La partie supérieure comporte des calcaires et des calcaires dolomitiques assez massifs et grenus, et des calcaires clairs. Son épaisseur est d'environ 200 m. Cette formation est considérée d'âge Ivorien-Moliniacien.

#### Viséen

- La **Formation d'Onoz (ONO)**, d'âge Moliniacien, est constituée, de bas en haut, de bancs de calcaire noir, argileux et dolomitique, puis de couches de dolomies intercalées à des gros bancs métriques de calcaire (*Membre de la Carrière du Parc*). Ensuite apparaissent des calcaires mieux stratifiés noirs et souvent fort fins, avec des bancs de calcaires à oolithes, des calcaires argileux et des calcaires bréchifiés (*Membre de la Carrière Leurquin*). On peut aussi noter la présence de géodes évaporitiques, parfois silicifiées et de quelques cherts. L'épaisseur de cette formation est comprise entre 120 et 150 m.
- La **Formation de Lives (LIV)**, d'âge Livien, regroupe les calcaires stratifiés (*Membre du Calcaire de Lives*) avec des brèches (*Membre de la Brèche*). L'épaisseur de cette formation

est variable, fonction du développement des brèches, atteignant la centaine de mètres sur la carte Fleurus-Spy.

- Le **Groupe du Hoyoux (HOY)** et la **Formation de Viesville (VIE)**, d'âge Warnantien, sont cartographiés ensemble sur la carte Fleurus-Spy. Cette unité est constituée de calcaires foncés stratifiés, en petits bancs réguliers, avec des intercalations de bancs de calcaires argileux et de calcschistes. L'épaisseur de ce regroupement est de 80 m au maximum.

Dans les calcaires et les dolomies du Dinantien, on peut trouver des gisements métallifères. Ainsi, à Ligny, plusieurs amas limonitiques ont été exploités (limonite manganésifère). Du carbonate de plomb, de la galène, de la blende et de la pyrite ont aussi parfois été trouvés dans ces filons. Dans les poches karstiques creusées dans les calcaires viséens et masquées par les dépôts cénozoïques, des gisements de barytine ( $\text{BaSO}_4$ ) ont été jadis exploités. Quelques sites sont mentionnés: Fleurus, Sombreffe, Saint-Martin. Cependant, le gisement le plus important se situe sur la carte voisine (46/3-4 à l'ouest) au lieu-dit 'Bertaimont' entre Fleurus et Mellet.

### Namurien-Westphalien

Le Silésien est représenté par le **Groupe houiller (HOU)** composé de grès, de siltites et de schistes (shales). Ce groupe renferme plusieurs veines de charbon, souvent minces. Ces terrains sont localisés dans la partie méridionale de la carte (figure III.3). Ils appartiennent à la bordure septentrionale du bassin houiller de la Basse-Sambre. L'épaisseur totale de ces terrains est estimée à 800-900 m. Des forages réalisés sur le site de Solvay à Jemeppe-sur-Sambre (carte de Tamines – Fosses-la-Ville, au sud) ont montré des épaisseurs des schistes houillers de 550 à 600 m (Sorel et al., 2013).



### III.2.1.2. Formations du Mésozoïque

Les terrains mésozoïques sont peu présents sur la carte Fleurus-Spy. Il ne s'agit que de résidus crétacés intercalés entre le socle paléozoïque et les terrains meubles du Cénozoïque.

#### III.2.1.2.1 Crétacé

Une seule formation de ce système est répertoriée sur la carte étudiée: la **Formation de Loncée (LON)**, d'âge Coniacien-Santonien. On peut l'observer au nord-est de la carte (figure III.4). Elle est composée d'une argile sableuse glauconieuse à fragments crayeux à éclats de silex et riche en débris coquilliers. Son épaisseur est de quelques mètres au plus.

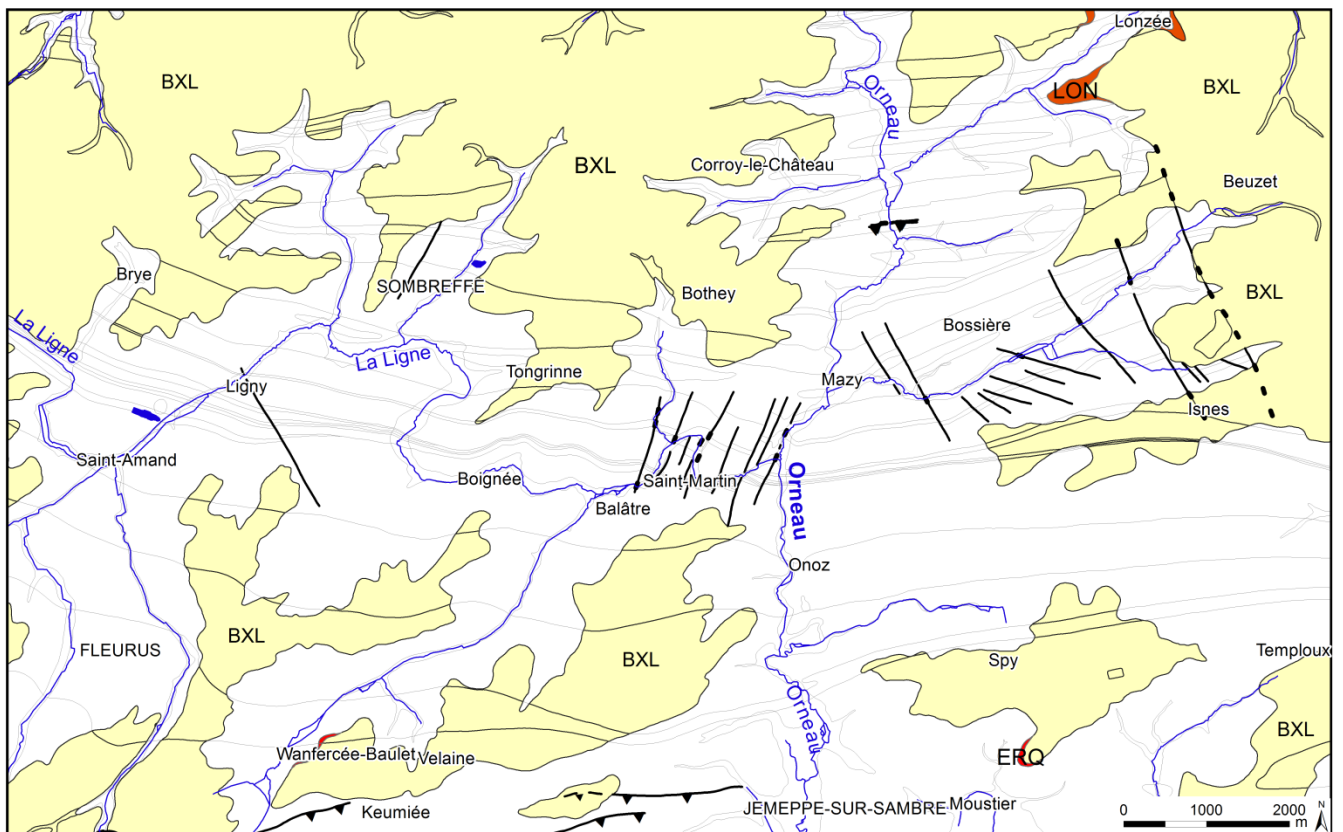


Figure III.4: Couverture méso-cénozoïque (excepté le Quaternaire) – Fleurus-Spy

### III.2.1.3. Formations du Cénozoïque

Les terrains du Cénozoïque sont présents sur toute la carte Fleurus-Spy, avec une surface couverte plus importante et complète dans le nord de la carte. Au sud de la carte, ces dépôts meubles ne forment plus que des lambeaux peu épais occupant les sommets ou comblant les poches paléokarstiques (figure III.4). Tous les étages géologiques ne sont pas représentés. En effet, les épisodes de sédimentation ont été entrecoupés de périodes d'érosion.

#### III.2.1.3.1 Paléogène

##### Paléocène

La **Formation d'Erquelinnes (ERQ)**, datée du Thanétien, n'a été observée sur cette carte que très localement: au sud-est de Spy. Elle est composée de sables siliceux fins avec des couches d'argiles plastiques ou sableuses d'origine continentale. Son épaisseur est de quelques mètres tout au plus.

##### Eocène

La **Formation de Bruxelles (BXL)**, d'âge Lutétien, est un ensemble hétérogène, composé de sable grossier à fin, glauconieux et carbonaté avec des intercalations de grès calcaireux, siliceux ou ferrugineux (hématite), stratifié ou fistuleux (concrétions). Le faciès siliceux se localise à la base de la formation, tandis que le faciès plus carbonaté se retrouve au sommet. A l'affleurement, les bancs de grès sont peu cohérents mais plus durs en profondeur.

L'épaisseur de ces sables est très variable. Localement, au droit des poches de dissolution dans les calcaires, on a observé des dépôts de 15 m d'épaisseur.

#### III.2.1.3.2 Quaternaire

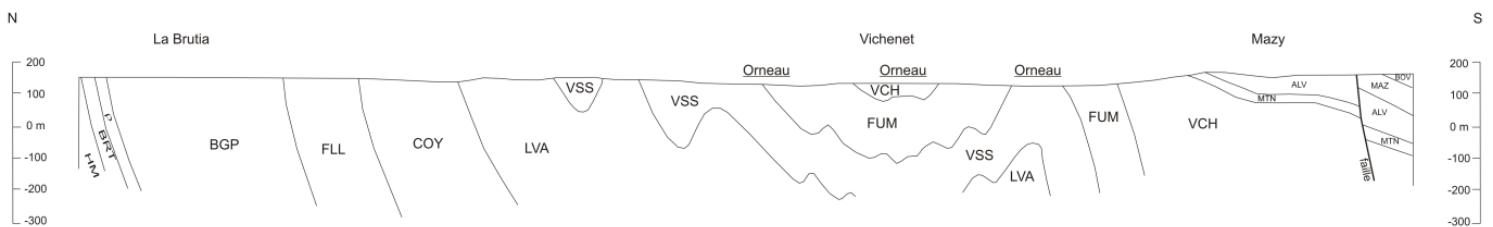
Les **alluvions modernes (AMO)** sont composées de limon, de sable et d'argile avec des lentilles de graviers et parfois de tourbe. Elles sont localisées dans les fonds de vallées. Leur épaisseur est assez faible (quelques décimètres à 3 m).

Les formations quaternaires sont aussi représentées par le **loess** (limon d'origine éolienne). Leur épaisseur est très variable. Des sondages indiquent des épaisseurs dépassant souvent 15 m. La puissance de la couverture limoneuse diminue vers le sud. Elle est également moins importante sur les versants que sur les plateaux.

### III.2.2. Cadre structural

La région de Fleurus-Spy appartient, pour sa partie nord, à la bordure méridionale du Massif du Brabant et, pour sa partie sud, au flanc septentrional du Parautochtone brabançon (Belanger *et al.*, 2012). L'extrémité méridionale de la couverture méso-cénozoïque couvrant la moitié nord de la Belgique constitue la troisième unité tectonique de la carte Fleurus-Spy. Ces structures sont séparées par deux surfaces de discordance.

Les couches de l'Ordovicien-Silurien du Massif du Brabant dessinent une série de synclinaux et d'anticlinaux dans la vallée de l'Orneau. Cette structure est bien visible sur la coupe bb' de la carte géologique Fleurus-Spy (Delcambre & Pingot, 2008). La figure III.5 reprend, de manière simplifiée, une partie de cette coupe exposant la structure fortement plissée des terrains du Paléozoïque inférieur. Sur la coupe présentée sur la carte hydrogéologique passant plus à l'ouest (adaptée de la coupe aa' de la carte géologique), les couches ordovico-siluriennes sont monoclinales et fortement inclinées vers le sud. Les plis de la partie centrale de la carte y sont absents.



**Figure III.5: Massif calédonien du Brabant. Extrait de la coupe bb' de la carte géologique Fleurus-Spy (modifiée; Delcambre & Pingot, 2008)**

Les terrains dévono-carbonifères reposent en discordance sur ce socle calédonien. L'allure générale du Parautochtone brabançon possède un flanc nord constitué de couches faiblement inclinées (pendage sud de 10 à 20°). Le flanc sud de l'ex-Synclinorium de Namur est intégré maintenant à une autre unité tectonique (hors carte). Il se range au sein des Ecailles et Massifs renversés de Haine-Sambre-Meuse (Belanger *et al.*, 2012). L'ensemble des terrains silésiens (Groupe houiller) appartient au Comble Nord du bassin houiller de la Basse-Sambre.

La région montre une fracturation relativement importante des calcaires. L'étude des linéaments observés dans les calcaires carbonifères de la vallée de l'Orneau a mis en évidence deux grandes tendances (LGIH, 2000):

- une direction principale nord-est / sud-ouest, qui correspond à la faille des failles orientées N°30°E de la région (Evrard, 1943);
- une direction secondaire nord-ouest / sud-est.

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.

## IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE

Hydrogéologiquement au niveau régional, sur la carte Fleurus-Spy se trouve en partie l'un des aquifères wallons majeurs (figure IV.1): l'aquifère des calcaires du Paléozoïque (Dévonien et Carbonifère), plus précisément les calcaires du bord nord du bassin de la Meuse (Parautochtone brabançon). Cet aquifère est exploité par plusieurs compagnies d'eau. Sur la moitié septentrionale de la carte, les roches altérées et fracturées du Massif calédonien du Brabant renferment aussi des ressources en eau souterraine d'intérêt local. Ces terrains se trouvent partiellement sous une couverture de sables bruxelliens (Eocène), autre aquifère important en Région wallonne.

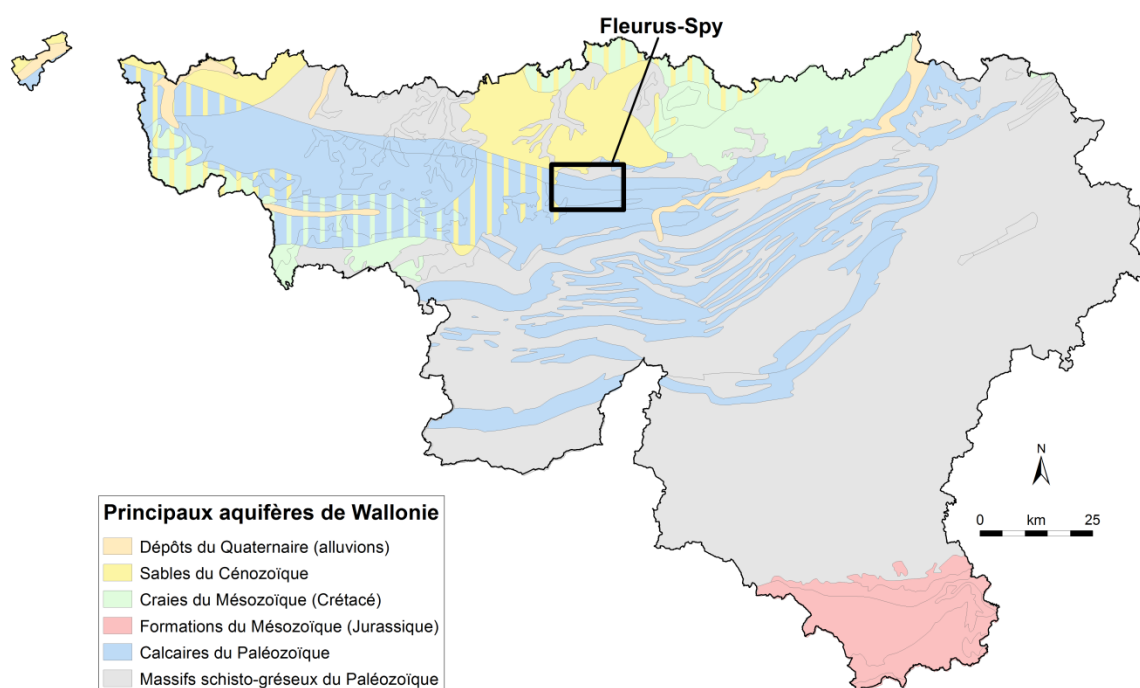


Figure IV.1: Principaux aquifères de Wallonie – Carte de Fleurus-Spy (SPW-DGO3, 2013; modifié)

Quelle que soit la formation géologique, de l'eau y est présente. Cependant, le comportement des eaux souterraines et la productivité sont fortement conditionnés par la nature et la structure de la roche dans laquelle l'eau est stockée. Ainsi, les formations géologiques sont regroupées/subdivisées en fonction de leurs caractéristiques hydrodynamiques. Trois termes sont utilisés pour décrire les unités hydrogéologiques selon le caractère plus ou moins perméable des formations (Pfannkuch, 1990; UNESCO-OMM, 1992):

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

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

Il est important de noter également que la plupart des différentes formations exposées sur le territoire couvert par la carte sont constituées de roches cohérentes dont le potentiel hydrogéologique dépend fortement du degré de fracturation-fissuration et/ou d'altération. Les failles, fréquemment minéralisées, peuvent constituer, selon la nature de leur remplissage, des zones de circulation préférentielles des eaux souterraines.

## 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 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.

La classification des formations géologiques en unités hydrogéologiques de la carte Fleurus-Spy diffère légèrement de celle de certaines cartes avoisinantes. Ces différences sont explicitées au fur à mesure dans les paragraphes adéquats. Cartographiquement, quelques discontinuités sont observées avec certaines cartes voisines. Elles sont expliquées dans le chapitre consacré à la méthodologie ([Paragraphe IX.1.1](#)).

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

### IV.1.1. Unités hydrogéologiques du Cambro-silurien<sup>5</sup>

Les terrains du Paléozoïque inférieur de la carte Fleurus-Spy appartiennent tous au Massif calédonien du Brabant. Recouverts par une épaisse couverture de terrains meubles du Méso-Cénozoïque, ils affleurent peu, se limitant aux vallées (ex.: Orneau).

#### IV.1.1.1. Aquitard du socle cambro-silurien

L'aquitard du socle cambro-silurien est composé de siltites, de siltites gréseuses, de schistes silteux et de schistes. Sur la carte Fleurus-Spy, il comprend les Formations de Bornival (BNV, Ordovicien), de Fumal (FUM, Silurien) et de Vichenet (VCH, Silurien). Sur la carte Perwez-Eghezée (au nord-est), la Formation de Corroy (Silurien) est également incluse dans cette unité hydrogéologique.

#### IV.1.1.2. Aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien

Trois formations de l'Ordovicien supérieur composent cette unité hydrogéologique: aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurie: Formations de Huet-Madot (HM) et de Brutia (BRT) avec leurs dépôts volcaniques (tuff). La masse principale de cet ensemble, constituée de siltites et de schistes, peut être définie hydrogéologiquement comme un aquitard. Quelques niveaux plus gréseux sont observés et améliorent les caractéristiques hydrodynamiques de l'ensemble.

<sup>5</sup> Le terme générique 'Cambro-Silurien' est utilisé même si, sur cette carte, les formations du Cambrien sont absentes.



#### **IV.1.1.3. Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien**

Les Formations du Bois Grand-Père (BGP), de Corroy (COY) et des Vallées (LVA) sont composées essentiellement de schistes et siltites entrecoupés de bancs de grès. Ainsi, ces terrains ont été définis en tant qu'aquiclude à niveaux aquifères. Sur la carte Perwez-Eghezée, les Formations de Bois Grand-Père et de Corroy ne sont pas incluses dans cette unité hydrogéologique.

#### **IV.1.1.4. Aquiclude du socle cambro-silurien**

Sur la carte Fleurus-Spy, une seule formation compose l'aquiclude du socle cambro-silurien, la Formation de Fallais (FLL), constituée de schistes. Il faut néanmoins noter à son sommet un dépôt volcanique de quelques mètres.

#### **IV.1.1.5. Aquiclude à niveaux aquitards du socle cambro-silurien**

La lithologie de la Formation de Vissoul (VSS), bien que relativement similaire à la Formation des Vallées sous-jacente, est davantage marquée par son caractère peu perméable. En effet, elle est composée majoritairement de schistes et de siltites avec quelques rares intercalations gréseuses. Dès lors, elle a été définie comme aquiclude à niveaux aquitards. Notons que sur la carte de Perwez-Eghezée, elle est regroupée dans la même unité hydrogéologique que la Formation des Vallées.

#### **IV.1.1.6. Aquiclude-aquitard-aquifère du socle cambro-silurien**

L'aquiclude-aquitard-aquifère du Cambro-silurien reprend l'ensemble de formations du Paléozoïque inférieur de la carte. Parce que sur le terrain et/ou que cartographiquement, il n'a pas été possible de les individualiser, localement, les formations du Silurien présentes sur la carte Fleurus-Spy ont été regroupées sous le terme 'Silurien indifférencié'.

### **IV.1.2. Unités hydrogéologiques du Dévonien**

#### **IV.1.2.1. Aquifères des calcaires du Givetien et du Frasnien**

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 composé de la Formation de Rhisnes (RHI) et des lentilles dolomitiques appartenant au Membre de Combreuil (Formation de Bovesse; BOV-CBR). L'aquifère des calcaires du Givetien est représenté par la Formation du Bois de Bordeaux (BOR). Ces deux unités hydrogéologiques sont séparées par un aquiclude (Membres du Champ du Fau et de Bossière de la Formation de Bovesse).

La puissance de l'aquifère des calcaires du Frasnien peut atteindre 150 m (niveaux schisteux exclus). Cet aquifère est fortement faillé, mettant ainsi en connexion des compartiments de lithologie variée (et donc de caractéristiques hydrogéologiques différentes). Les potentialités de cette unité hydrogéologique carbonatée sont essentiellement situées dans la partie supérieure

(Formation de Rhisnes). Cependant, la circulation des eaux souterraines peut être localement réduite en présence des passées plus schisteuses dans cette formation. L'aquifère des calcaires du Frasnien est limité, à sa base, par un important niveau schisteux (Formation de Bovesse). Au sein de ce dernier, les nombreuses lentilles de dolomie constituent des horizons aquifères, d'intérêt généralement local (Membre de Combreuil).

Sur la carte Fleurus-Spy, l'aquifère des calcaires du Givetien, dont l'épaisseur dépasse la centaine de mètres, englobe également les niveaux gréseux et conglomératiques de la Formation du Bois de Bordeaux (Membres de Mautiennes MTN et de Mazy MAZ). Ces formations renferment aussi quelques minces horizons silteux ou schisteux, moins perméables, pouvant ainsi localement réduire les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère. Cependant, le caractère fortement faillé de ces terrains permet vraisemblablement des connexions, dues aux failles et fissures transverses, entre les différents compartiments calcaires.

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.

Le découpage hydrogéologique de la carte Fleurus-Spy diffère quelque peu de celui adopté sur la carte voisine de Gouy-lez-Piétons – Gosselies (tableau IV.1). Dans la partie occidentale du Parauchtone brabançon (anciennement désigné par le terme 'Synclinorium de Namur'), il est difficile de distinguer les formations dévoniennes et carbonifères. Vers l'ouest, elles affleurent de moins en moins, dissimulées sous une couverture céno-mésozoïque de plus en plus épaisse. Ainsi, sur les cartes occidentales<sup>6</sup>, ces terrains ont été regroupés en une seule unité hydrogéologique: l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères. Son extension a été limitée à l'Orneau (délimitation adoptée par les nombreuses études consacrées à cet aquifère). Les intercalations schisteuses y sont mentionnées. La carte Fleurus-Spy se situe, ainsi, dans la terminaison orientale de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères, tel que défini. En outre, sur cette dernière carte, les lentilles dolomitiques du Membre de Combreuil sont sous couverture et n'ont pas été observées et localisées avec précision. Ainsi, l'aquifère calcaire n'est pas individualisé dans cette zone. A propos du Givetien, la Formation du Bois de Bordeaux présente une évolution lithologique. Ainsi, d'ouest en est, elle est définie en tant qu'aquiclude à niveaux aquitards sur la carte Blicquy–Ath (Habils et al., 2008), puis aquitard à niveaux aquifères sur la carte Nivelles-Genappe (Habils et al., 2013) et aquifère des calcaires sur la carte Fleurus-Spy (tableau IV.1).

<sup>6</sup> Les cartes hydrogéologiques localisées au droit de la nappe des calcaires dévono-carbonifères du bord nord du 'Synclinorium de Namur' ont majoritairement réalisées par l'équipe de l'Université de Mons (UMons).

**Tableau IV.1: Comparaison entre les unités hydrogéologiques du Carbonifère et du Dévonien des cartes Fleurus-Spy et Gouy-lez-Piétons - Gosselies**

Ere	Système	Série	Etage	Groupe	Formation	Membre	Lithologie	Abréviation	Hydrogéologie						
									Gouy-lez-Piétons - Gosselies 46/3-4	Fleurus-Spy 47/1-2					
PALEOZOIQUE	Carbonifère	Westphalien		Houiller			Grès, siltite et shale avec ou sans couches de charbon	HOU	Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller						
		Namurien													
		Viséen	Warnantien	Hoyoux				Calcaire stratifié, souvent fin, contenant des cherts et quelques couches de charbon terreux	HOY	Aquifère des calcaires dévono-carbonifères	Aquifère des calcaires du Carbonifère				
				Viesville				Calcaire fin et calcaire argileux, avec quelques couches de charbon terreux	VIE						
			Livien		Lives		Calcaire séquentiel stratifié, brèche calcaire à faciès dolomitisés	LIV							
			Moliniacien		Onoz		Calcaire stratifié, fin. Bancs de dolomie à la base	ONO							
		Tournaisien	Ivorien	Namur			Dolomie en bancs déci- à plurimétriques. Horizons de cherts noirs. Calcaire grenu au sommet	NMR							
				Ecaussines				Encrinite en bancs pluridécimétriques	ECA						
			Lalaing				Calcaire et dolomie nettement stratifiés avec plaquettes de calcaire argileux	LAL							
			Hastarien		Landelies		Calcaire en bancs irréguliers, partiellement dolomitisé	LAN							
	Dévonien	Supérieur	Famennien		Bois de la Rocq		Grès micacé carbonaté, calcaire gréseux, calcaire et shale	BDR	Aquifère des calcaires			Aquifère des grès du Famennien			
					Franc-Waret		Shale. Horizon d'oolithes hématitiques	FRW	Intercalation schisteuse			Aquiclude du Famennien-Frasnien			
			Frasnien	Rhisnes	Falnuée			Calcaire noduleux, shale à nodules calcaires	RHI	FLN	dévono-carbonifères	Aquifère des calcaires du Frasnien			
					Golzinne			Alternance de calcaire très fin et de plaquettes de calcaires argileux. Veine marbrière du Noir de Mazy					GOL		
					Watiamont			Calcaire noduleux, shale à nodules calcaires					WAT		
				Bovesse	Champ du Fau			Shale. Intercalations de calcaire fin argileux	BOV	CHF			Aquiclude du Frasnien		
					Combreuil			Lentilles de dolomie massive souvent profondément altérée et ferrugineuse						CBR	Aquifère des calcaires du Frasnien
					Bossière			Shale. Hématite oolithique. Conglomérat à la base						BOS	Aquiclude du Frasnien
			Moyen	Givetien	Bois de Bordeaux	Mazy			BOR	MAZ	Aquifère des calcaires du Givetien (sous couverture, non cartographié)				
						Alvaux						Grès, siltite, shale et conglomérat lie-de-vin. Bancs de calcaire grésé-dolomitique	ALV		
Mautiennes						Calcaire stratifié souvent fin, parfois grenu, à minces intercalations schisteuses.	MTN								

#### IV.1.2.2. Aquicludes du Frasnien et du Famennien

Les Membres de Bossière (BOS) et de Champ du Frau (CHF) de la Formation de Bovesse présentent des lithologies nettement schisteuses. Cet aquiclude du Frasnien sépare l'aquifère des calcaires givetien de l'aquifère des calcaires frasnien. Les nombreuses failles transversales permettent éventuellement des connexions entre ces nappes. Ce niveau peu perméable renferme quelques couches plus aquifères (lentilles calcaires du Membre de Combreuil).

Les shales de la Formation de Franc-Waret (FRW) isolent l'aquifère des calcaires dévoniens de l'aquifère gréseux du Famennien. Cet aquiclude du Famennien-Frasnien traverse la carte d'ouest en est mais n'est, cependant, pas continu sur toute sa longueur. Il est absent entre Boignée et St-Martin (vallée de La Ligne).

Les failles longitudinales (chevauchement) peuvent entraîner la superposition entre les shales-schistes et les calcaires (ou les grès) pouvant rendre ainsi ces aquifères localement captifs.

#### IV.1.2.3. Aquifère des grès du Famennien

Sur la carte Fleurus-Spy, l'aquifère des grès du Famennien est peu développé. Il ne comprend qu'une seule formation, la Formation du Bois de la Rocq (BDR), ici, peu épaisse (9 m) et discontinue. 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

pénéplation 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.

Le niveau piézométrique dans l'aquifère des grès est généralement plus haut que celui de l'aquifère des calcaires. Ainsi, la nappe des grès fameniens alimente la nappe des calcaires, via des écoulements de surface et des sources temporaires ou pérennes, via le manteau d'altération via les zones de fracturation transversale aux couches, par déversement au-dessus des terrains argileux (dont les shales de la Formation du Pont d'Arcole).

### **IV.1.3. Unités hydrogéologiques du Carbonifère**

#### ***IV.1.3.1. Aquiclude des schistes du Carbonifère***

Sur la carte Fleurus-Spy, les schistes de la Formation de Pont d'Arcole (PDA), niveau peu perméable, isolent l'aquifère des grès du Famennien de l'aquifères des calcaires du Carbonifère. Cependant, des connexions peuvent exister entre ces unités hydrogéologiques étant donné le contexte structural de la région (nombreuses failles). Cet aquiclude constitue un seuil hydrogéologique qui peut être mis en évidence par la piézométrie (décrochage des niveaux d'eau).

#### ***IV.1.3.2. Aquifère des calcaires du Carbonifère***

Depuis la Formation de Landelies (Tournaisien) jusqu'à la Formation de Viesville et le Groupe du Hoyoux (Viséen), les calcaires et dolomies carbonifères forment un aquifère de fissures, pouvant être localement karstifié, comme en témoignent les phénomènes karstiques observés dans la région. L'épaisseur de l'aquifère des calcaires du Carbonifère varie d'est en ouest, de 400 mètres (vallée de l'Orneau) à 800 mètres (région de Wagnelée, à l'ouest de la carte).

Au sein de cet aquifère, quelques niveaux de calcaires argileux sont observés (dans les Formations de Lalaing et de Viesville). Ces horizons aquitards diminuent localement la conductivité hydraulique globale de l'aquifère des calcaires.

Au contact des roches schisto-gréseuses du Groupe du Houiller, des phénomènes karstiques peuvent être observés, activés par la circulation des eaux acides provenant de l'altération de la pyrite, présente dans ces terrains.

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 pertes et dolines.

### **IV.1.3.3. Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller**

Les schistes, grès et quartzites du Houiller (HOU) sont peu perméables à petite échelle. Leur porosité de fissures 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 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'oxydation des sulfures de fer (pyrites) souvent abondants dans ces formations.

Une couche d'argile d'altération, épaisse de quelques mètres, repose sur le sommet des formations du Houiller (désagrégation pré-Santonienne). Cette couche argileuse forme une barrière très peu perméable, renforçant le rôle de niveau de base pour les aquifères sus-jacents et limitant le potentiel aquifère des terrains schisto-gréseux du Houiller.

## **IV.1.4. Unités hydrogéologiques du Mésozoïque et du Cénozoïque**

### **IV.1.4.1. Aquitard du Santonien (Crétacé)**

Composée d'argile sableuse glauconieuse à fragments crayeux, la Formation de Lonzée (LON) est définie en tant qu'aquitard du Santonien. Cette unité hydrogéologique, non continue sur l'ensemble du territoire de la carte, est intercalée entre les unités hydrogéologiques du socle paléozoïque et l'aquifère des sables bruxelliens. On la retrouve essentiellement dans la région de Lonzée.

### **IV.1.4.2. Aquifère des sables du Paléocène (Paléogène)**

Les sables de la Formation d'Erquelines (ERQ, Thanétien), ont été définis en tant qu'aquifère des sables du Paléocène. Très peu présents sur la carte Fleurus-Spy, ils sont en continuité hydrogéologique avec l'aquifère des sables bruxelliens.

### **IV.1.4.3. Aquifère des sables de l'Eocène (Paléogène)**

Cette unité hydrogéologique est représentée par les sables de la Formation de Bruxelles (BXL). Il s'agit de sables très variables (sables grossiers à fins), localement indurés en grès à ciment carbonaté ou siliceux. Des lentilles, voire des horizons de sables glauconieux sont aussi présents. Cette formation constitue néanmoins un bon aquifère.

La nappe est libre sous la couche limoneuse qui constitue un filtre pour les eaux de percolation. Sa réalimentation dépend fortement des précipitations.

### **IV.1.4.4. Aquitard limoneux (Quaternaire)**

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 mais sont repris dans le tableau synthétique 'Géologie-Hydrogéologie'.

#### ***IV.1.4.5. Aquifère alluvial (Quaternaire)***

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

Tableau IV.2: Tableau de correspondance entre la géologie et l'hydrogéologie – Fleurus-Spy

Ere	Système	Série	Etage	Groupe	Formation	Membre	Lithologie	Abréviation	Hydrogéologie	
CENOZOIQUE	Quaternaire	Holocène			Alluvions modernes		Gravier, sable, limon, argile	AMO	Aquifère alluvial	
		Pléistocène			Limon		Loess	LIM	Aquitard limoneux (non cartographié)	
	Paléogène	Eocène	Lutétien		Bruxelles		Sable jaune souvent grossier et glauconieux à la base, Bancs de grès siliceux	BXL	Aquifère des sables de l'Eocène	
		Paléocène	Thanétien		Erquelines		Sable siliceux fin avec couches d'argile plastique ou sableuse	ERQ	Aquifère des sables du Paléocène	
MESOZOIQUE	Crétacé	Sénonien	Santonien Coniacien		Lonzée		Argile sableuse glauconieuse	LON	Aquitard du Santonien	
PALEOZOIQUE	Carbonifère	Westphalien		Houiller			Grès, siltite et shale avec ou sans couches de charbon	HOU	Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller	
			Namurien							
		Viséen	Warnantien		Hoyoux			Calcaire stratifié, souvent fin, contenant des cherts et quelques couches de charbon terreux	HOY	Aquifère des calcaires du Carbonifère
						Viesville		Calcaire fin et calcaire argileux, avec quelques couches de charbon terreux	VIE	
			Livien		Lives		Calcaire séquentiel stratifié, brèche calcaire à faciès dolomités	LIV		
				Moliniacien		Onoz		Calcaire stratifié, fin. Bancs de dolomie à la base	ONO	
		Tournaisien	Ivorien		Namur		Dolomie en bancs déci- à plurimétriques. Horizons de cherts noirs. Calcaire grenu au sommet	NMR		
					Ecaussines		Encrinite en bancs pluridécimétriques (Petit Granit de Ligny)	ECA		
					Lalaing		Calcaire et dolomie nettement stratifiés avec plaquettes de calcaire argileux	LAL		
			Hastarien		Landelies		Calcaire en bancs irréguliers, partiellement dolomités	LAN		
					Pont d'Arcole		Shale fin, parfois un peu silteux	PDA	Aquiclude des schistes du Carbonifère	
		Dévonien	Famennien		Bois de la Rocq		Grès micacé carbonaté, calcaire gréseux, calcaire et shale	BDR	Aquifère des grès du Famennien	
					Franc-Waret		Shale. Horizon d'oolithes hématitiques	FRW	Aquiclude du Famennien-Frasnien	
	Supérieur		Frasnien	Rhisnes	Falnuée		Calcaire noduleux, shale à nodules calcaires	FLN	Aquifère des calcaires du Frasnien	
					Golzinne		Alternance de calcaire très fin et de plaquettes de calcaires argileux. Veine marbrière du Noir de Mazy	RHI GOL		
					Watiemont		Calcaire noduleux, shale à nodules calcaires	WAT		
				Bovesse	Champ du Fau		Shale. Intercalations de calcaire fin argileux	CHF		Aquiclude du Frasnien
					Combreuil		Lentilles de dolomie massive souvent profondément altérée et ferrugineuse	BOV CBR		Aquifère des calcaires du Frasnien
					Bossière		Shale. Hématite oolithique. Mince conglomérat à la base	BOS		Aquiclude du Frasnien
	Moyen		Givetien	Bois de Bordeaux	Mazy		Grès, siltite, shale et conglomérat lie-de-vin. Bancs de calcaire grésé-dolomitique	BOR MAZ	Aquifère des calcaires du Givetien	
					Alvaux		Calcaire stratifié souvent fin, parfois grenu, à minces intercalations schisteuses.	ALV		
					Mautiennes		Conglomérat, grès, grès carbonaté et shale	MTN		
	Silurien		Wenlock	Homerien	Vichenet		Siltite et siltite gréseuse en gros bancs massifs	VCH	Aquifère à niveaux aquifères du socle cambro-silurien	
					Fumal		Siltite et schiste avec petits bancs de grès	FUM		
		Vissoil				Schiste et siltite. Quelques bancs gréseux minces	VSS			
		Sheinwoodien		Les Vallées		Schiste et siltite. Bancs de grès centi- à décimétriques	SIL LVA			
Corroy					Séquences de schiste, siltite et grès souvent micacés	COY				
Llandovery		Telychien		Fallais		Schiste chloriteux avec dépôt tufacé au sommet	FLL			
		Aeronien		Bois Grand-Père		Schiste, siltite, grès	BGP			
		Rhuddanien								
		Hirnantien								
Ordovicien	Ashgill	Rawthegean	Brutia	Supérieur ou de Nivelles Inférieur	Dépôt volcanique fort altéré de composition rhyolitique (tuff)	ρ	Aquifère à niveaux aquifères du socle cambro-silurien			
					Schiste et siltite	BRT				
	Huet-Madot		Madot		Schiste, siltite, siltite gréseuse, avec au sommet, lits de cinérite fossilifère (tuff)	HM MAD				
			Huet			HUE				
	Caradoc		Bornival		Siltite et schiste silteux	BNV	Aquitard du socle cambro-silurien			

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

Toutes les unités hydrogéologiques principales de la carte Fleurus-Spy 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 essentiellement dans les formations calcaires du Carbonifère et du Dévonien (Frasnien). Les formations schisto-gréseuses et silto-gréseuses du socle calédonien (Ordovicien et Silurien) ont également un intérêt, mais plutôt limité et local dans cette zone. C'est le cas aussi des dépôts sableux de l'Eocène ou encore des grès du Famennien. 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).

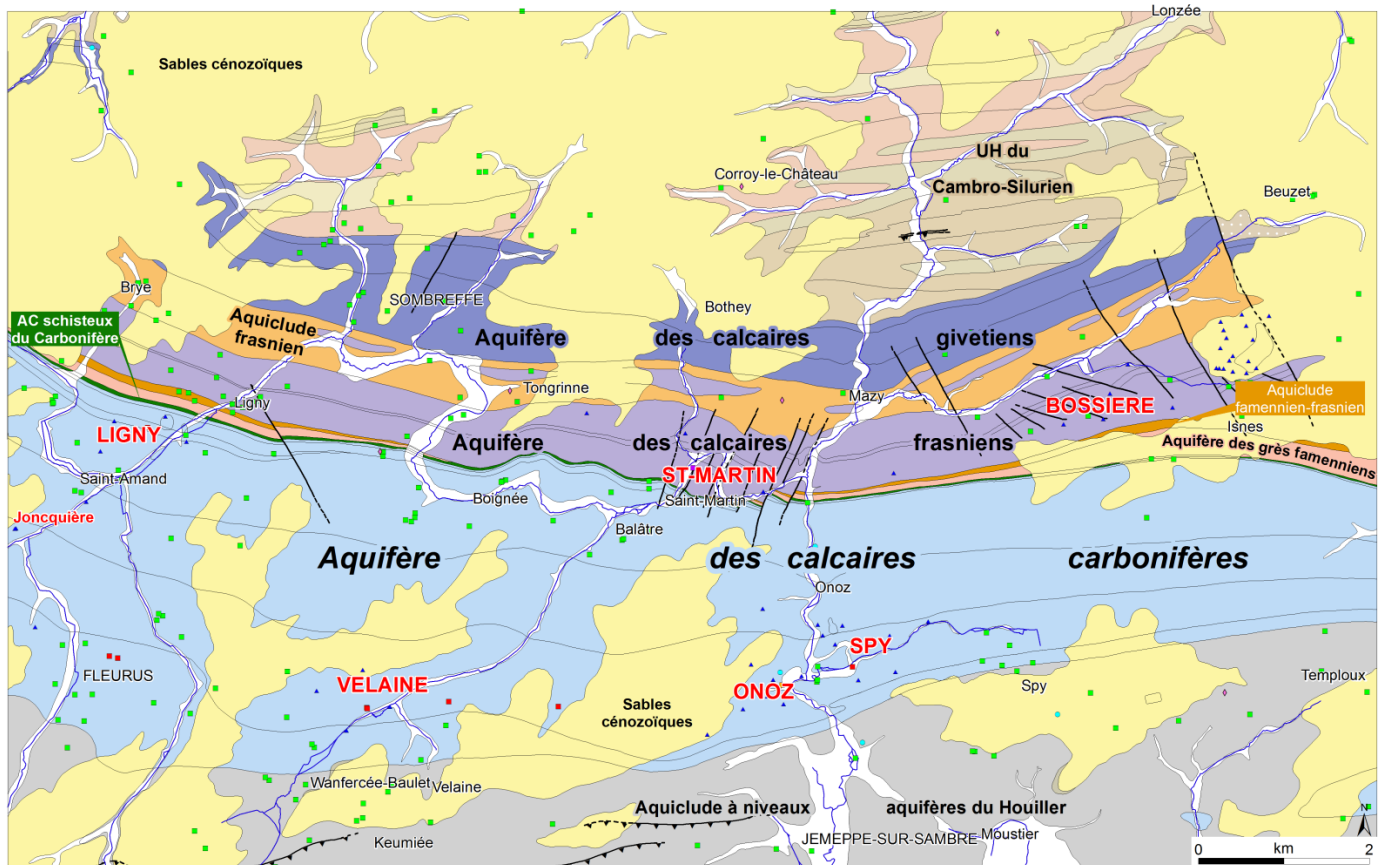
Une carte simplifiée et un tableau, présentés en annexe, reprennent l'ensemble des puits, des piézomètres, des sources et autres points d'accès à la nappe cités dans le texte.

### IV.2.1. Aquifères des calcaires du Carbonifère et du Dévonien

Les aquifères logés dans les calcaires sont les principales ressources en eau souterraine de la carte Fleurus-Spy où les nappes du Carbonifère sont largement plus exploitées que celles du Dévonien (voir [chapitre VI.](#)). Ces unités hydrogéologiques traversent la carte d'ouest en est. La Société Wallonne des Eaux (SWDE) et VIVAQUA (producteur/distributeur d'eau pour la Région bruxelloise) possèdent plusieurs sites de captage sur le territoire de la carte Fleurus-Spy. A côté de ces compagnies d'eau publiques, on dénombre environ 150 prises d'eau privées sollicitant l'une des nappes calcaires (figure IV.2).

Vu l'importance des captages publics, des études hydrogéologiques poussées ont été menées sur la plupart des sites. Ces travaux permettent de mieux caractériser le contexte hydrogéologique de la région, et en particulier des aquifères calcaires du Carbonifère et du Dévonien (surtout l'Etage Frasnien). De plus, une vaste étude de caractérisation hydrogéologique d'importantes masses d'eau souterraine wallonne a été entreprise par le SPW (Brouyère et al., 2009; Leroy et al., 2010). La portion de la masse d'eau souterraine RWM011 "Calcaires du bassin de la Meuse bord nord" localisée sur la carte Fleurus-Spy fait partie de la zone couverte par cette étude, nommée "Projet Synclin'EAU". Quelques-unes des conclusions les plus pertinentes sont présentées dans le sous-chapitre IV.2.1.1 sur les calcaires du Carbonifère (une partie de ces résultats concernent aussi les calcaires du Dévonien, et accessoirement les terrains ordovico-siluriens).





**Figure IV.2: Aquifères calcaires du Carbonifère et du Dévonien – Fleurus-Spy**

Les phénomènes karstiques sont aussi abordés dans ce chapitre. Ils se situent essentiellement dans la vallée de l'Orneau à hauteur d'Onoz. Il n'y a pas de grands réseaux karstiques développés sur la carte étudiée.

Sur cette carte, les aquifères calcaires réagissent d'habitude très vite après une période de pluie (remontée piézométrique). La couverture sableuse discontinue peut influencer la dynamique de l'aquifère. En effet, la recharge de la nappe logée dans les calcaires s'effectue par drainance à travers les sables et non par infiltration directe des eaux météoriques. Sur la carte Fleurus-Spy, d'après les données disponibles, les amplitudes piézométriques sont maximum d'une dizaine de mètres (détails donnés ci-après).

#### IV.2.1.1. Aquifère des calcaires du Carbonifère

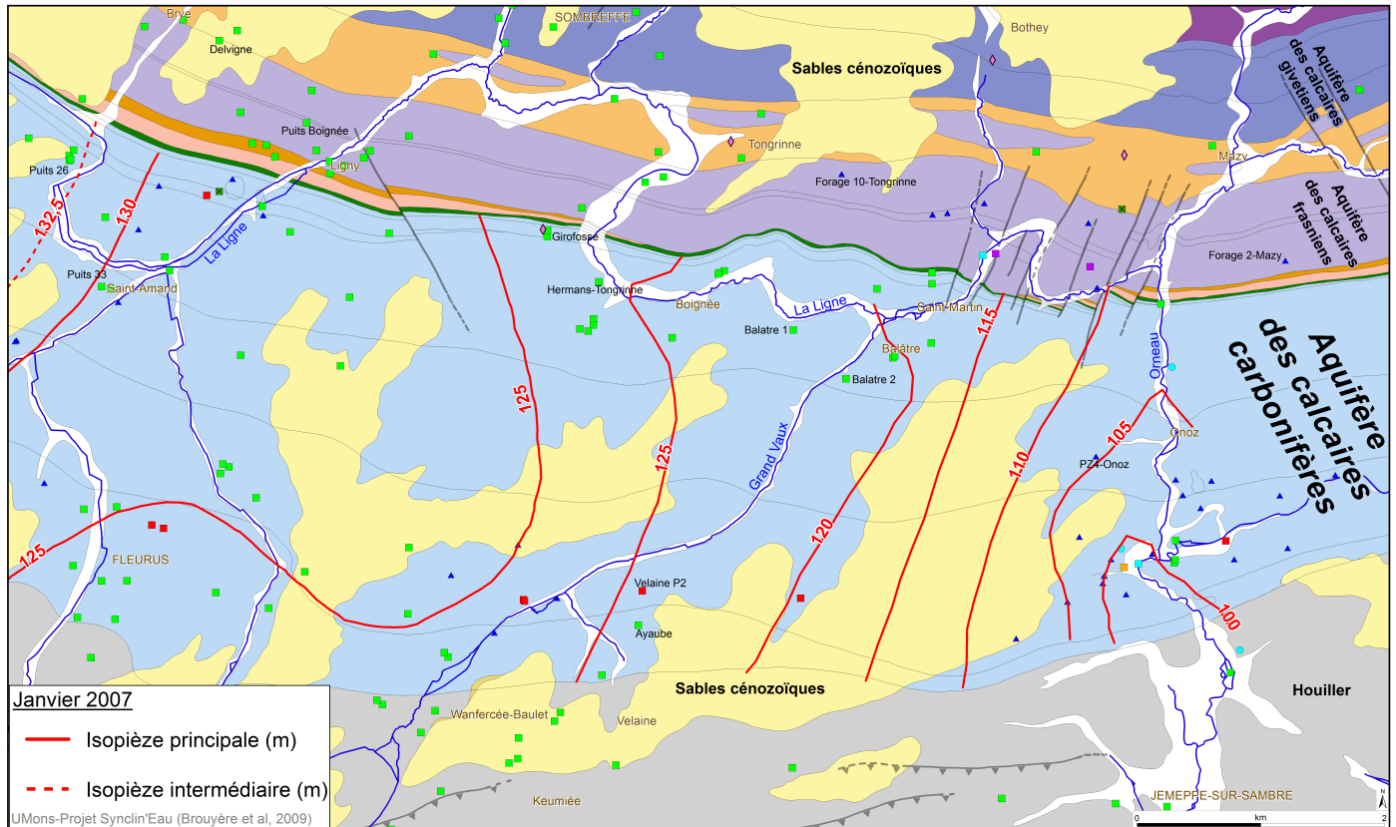
L'aquifère des calcaires du Carbonifère est limité au sud par l'aquiclude à niveaux aquifères du Houiller et au nord par l'aquiclude schisteux du Carbonifère (Formation du Pont d'Arcole). Sur la carte Fleurus-Spy, cet aquifère s'étend sur une bande large de 1,5 km (est) à environ 4 km (ouest). Son épaisseur est de l'ordre de 400 m dans la région de l'Orneau à 800 m à Wagnelée (à l'ouest de la carte étudiée). Cette unité hydrogéologique est assez homogène avec quelques passées légèrement argileuses dans certaines formations géologiques. Il s'agit d'un aquifère de fissures, karstifié localement. La karstification est plus accentuée dans la zone d'Onoz. Le réseau hydrographique a un rôle important, principalement l'Orneau. Cette rivière traverse l'aquifère du nord au sud, elle le draine et joue ainsi le rôle d'exutoire majeure de la nappe. Ce point est abordé plus en détails par la suite.

##### *Allure piézométrique de la nappe*

Une carte piézométrique a été tracée pour la **nappe des calcaires carbonifères (partie occidentale du bassin de l'Orneau)** sur base des données mesurées en janvier 2007 (Brouyère et al., 2009). Cette piézométrie est présentée sur la carte principale sur le poster de la carte hydrogéologique Fleurus-Spy. Elle est également reprise sur la figure IV.3. Les isopièzes montrent globalement un écoulement cylindrique de la nappe dirigé vers l'Orneau. Cette rivière constitue le niveau de base de l'aquifère. D'autres cours d'eau influencent aussi la surface piézométrique de la nappe. Ainsi, à hauteur de Boignée, l'influence de La Ligne se marque dans le tracé des isopièzes. D'une manière générale, le gradient piézométrique de la nappe est très faible. Il s'accroît à proximité de l'exutoire. Ainsi, à l'ouest du ruisseau de Grand Vaux (partie amont de l'aquifère), il est de l'ordre de 0,1 à 0,4 %. A l'est de ce cours d'eau (partie aval de l'aquifère), le gradient est d'environ 0,8 à 1 % à l'approche de l'Orneau.

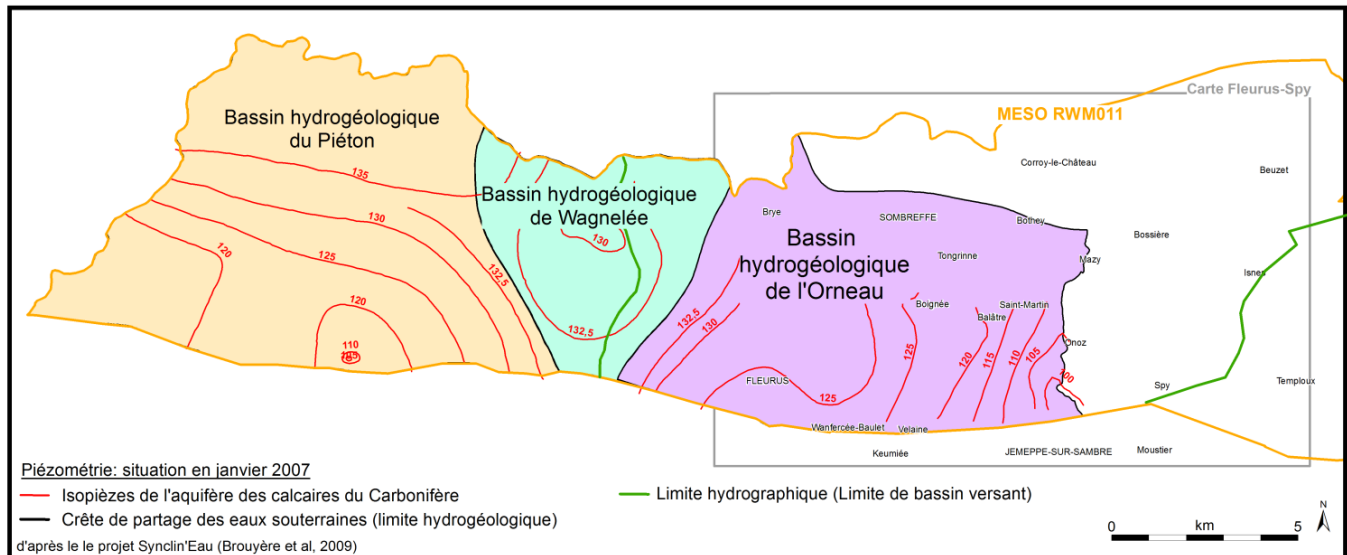
Dans la région de Ligny (au nord-ouest de la nappe, au nord de La Ligne), se trouve une ancienne carrière à présent noyée dont l'eau est exploitée aujourd'hui par VIVAQUA. La profondeur maximale de cette fosse, aux dimensions importantes (300 × 80 m), est de 27 m (soit le fond de la carrière à la cote approximative de 108 m). La carrière, à ciel ouvert, est allongée selon une direction ouest-est. L'alimentation de la carrière semble se faire du côté du front ouest. Des écoulements sont visibles au pied de ce front, lorsque le niveau d'eau dans la carrière est au plus bas. Cette donnée corrobore le fait que l'écoulement souterrain au sein de l'aquifère des calcaires du Carbonifère se fait globalement d'ouest en est. En septembre 2011, les niveaux piézométriques ont été relevés dans les forages autour de la carrière ainsi que la cote du plan d'eau (hors pompage). Ces données indiquent que l'amont hydrogéologique se situe à l'ouest et l'aval à l'est, le gradient étant légèrement inférieur à 0,1 %. Dans cette zone, la cote piézométrique de la nappe au repos (sept 2011) est de 130,4 à 131,2 m. La Ligne se situe ainsi quelques mètres plus haut que le niveau statique dans la carrière (rivière perchée). En période de pompage, les écoulements souterrains convergent vers la carrière (avec un gradient pouvant atteindre 2,5 %). Lors de l'étude de la délimitation des zones de prévention, un pompage de deux mois a été réalisé. Les niveaux d'eau ont été suivis dans les piézomètres et dans la carrière. Par une absence de variation du

niveau d'eau dans la carrière, une situation d'équilibre a été mise en évidence entre les volumes pompés et les volumes entrants (alimentation de la carrière par les écoulements souterrains). Durant cette période (novembre 2011), le volume exhauré quotidiennement était de 10 000 m<sup>3</sup> (soit environ 415 m<sup>3</sup>/h). A ce débit, le plan d'eau dans la carrière est stabilisé à la cote 111 m (BCG, 2012).



**Figure IV.3: Carte piézométrique de l'aquifère des calcaires du Carbonifères (partie ouest du bassin hydrographique de l'Orneau)**

Régionalement, une crête hydrogéologique passe à l'ouest de la carte Fleurus-Spy (figure IV.4). Elle sépare le bassin hydrogéologique de l'Orneau de celui de Wagnelée. L'allure des isopièzes de ce dernier est fortement influencée par les captages de Villers-Perwin. En fonction des conditions hydrogéologiques, la ligne de partage des eaux souterraines se déplace, vers l'est ou vers l'ouest. Les bassins hydrographiques et hydrogéologiques ne correspondent pas.



**Figure IV.4: Bassins hydrogéologiques de l'aquifère des calcaires carbonifères de la masse d'eau souterraine RWM011 déterminés par les isopièzes de janvier 2007**

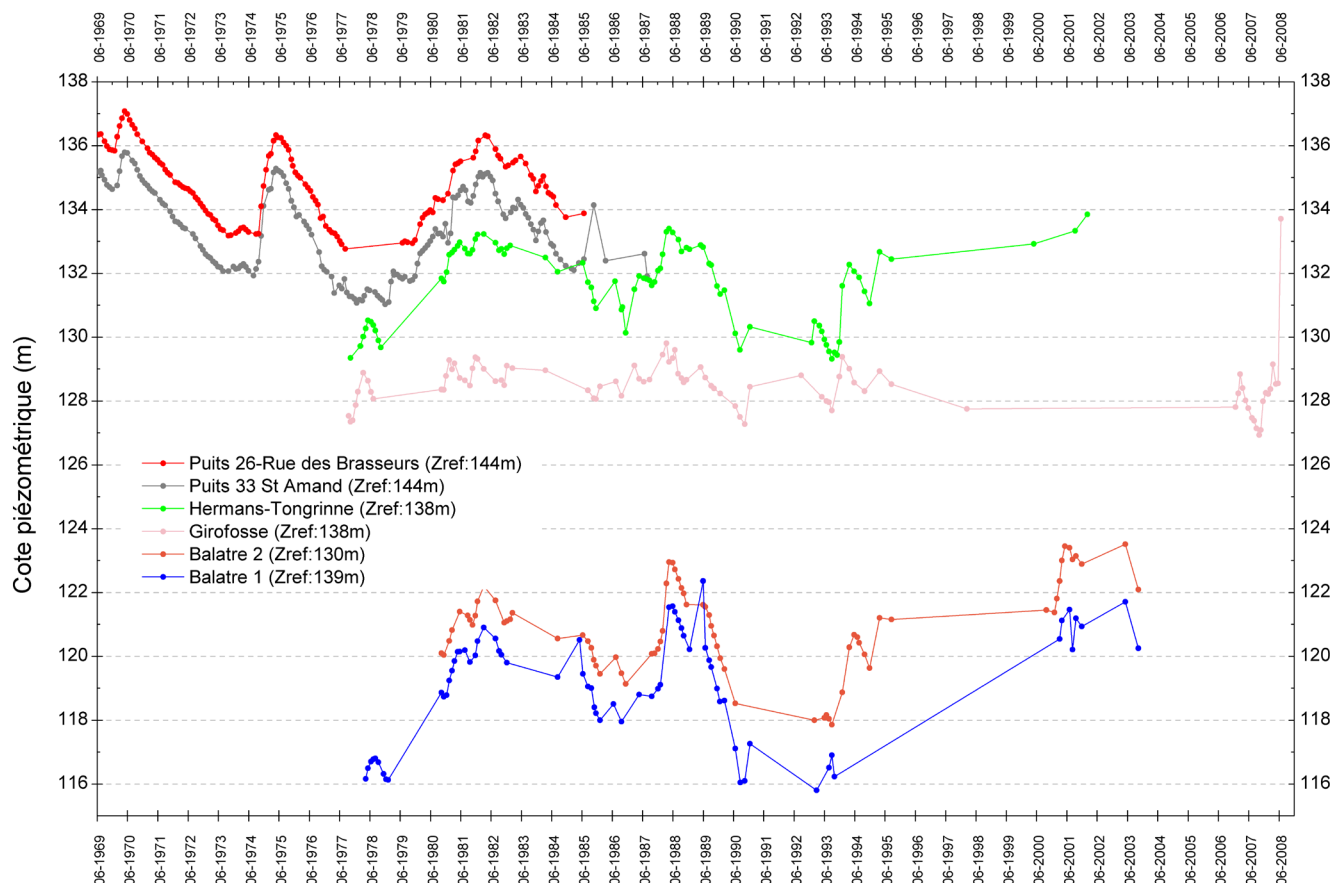
La masse d'eau souterraine RWM011 a fait l'objet d'une modélisation régionale sur base des données collectées lors de la phase de caractérisation du projet "Synclin'EAU" (Leroy et al., 2010). La calibration du modèle a été basée sur les hauteurs piézométriques et les débits de base observés aux différents points de mesures répartis sur l'ensemble de la masse d'eau, pour l'année 2006. Les sollicitations sont moyennées pour la période choisie. Le modèle reproduit le drainage des nappes par l'Orneau.

#### *Fluctuations saisonnières de la nappe*

Grâce à des relevés piézométriques réguliers depuis de nombreuses années (depuis 1969 pour certains puits), l'étude des fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires carbonifères est productive, permettant ainsi de mieux définir le comportement hydrogéologique de l'aquifère. Les différents forages où un jeu conséquent de données piézométriques est disponible, sont localisés sur la figure IV.3. Dans la zone nord-ouest de l'aquifère (région Ligny et St-Amand) et le centre-nord, et accessoirement le centre-sud (mais moins marqué), la nappe des calcaires évolue suivant un cycle pluriannuel de 5 à 7 ans. Les années de hautes eaux sont 1970, 1975, 1982, 1988-89, 1994-95, 2001, 2006-2007 (figures IV.5 & 6).

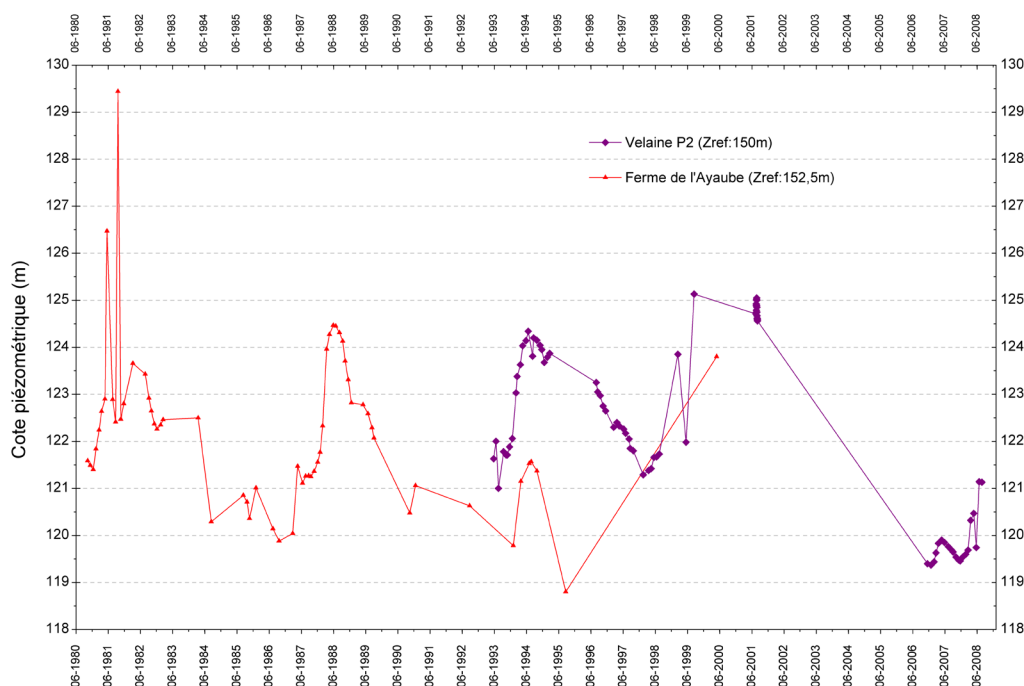
Les chroniques piézométriques présentées à la figure IV.5 illustrent la situation pour la zone nord-ouest du bassin-versant de l'Orneau, région s'étendant de St-Amand à Balâtre. La profondeur moyenne de l'eau par rapport au sol est comprise entre 6,5 et 11 m, sauf pour le puits Balâtre 1 où

l'eau est plus basse (une vingtaine de mètres). Outre le cycle pluriannuel des fluctuations piézométriques décrit ci-dessus, on peut aussi observer des variations saisonnières qui sont plus ou moins marquées selon les puits mais plutôt synchrones (comme les fluctuations pluriannuelles). Ainsi, les hautes eaux ont lieu en été, les basses eaux en automne-hiver. L'amplitude observée varie entre 2 et 4 m selon les puits. Les fluctuations du niveau piézométrique du puits Girofosse sont moins marquées. Cet ouvrage est très probablement implanté dans un terrain moins perméable que les autres puits (il est implanté dans la Formation de Lalaing où on note la présence de calcaire argileux).



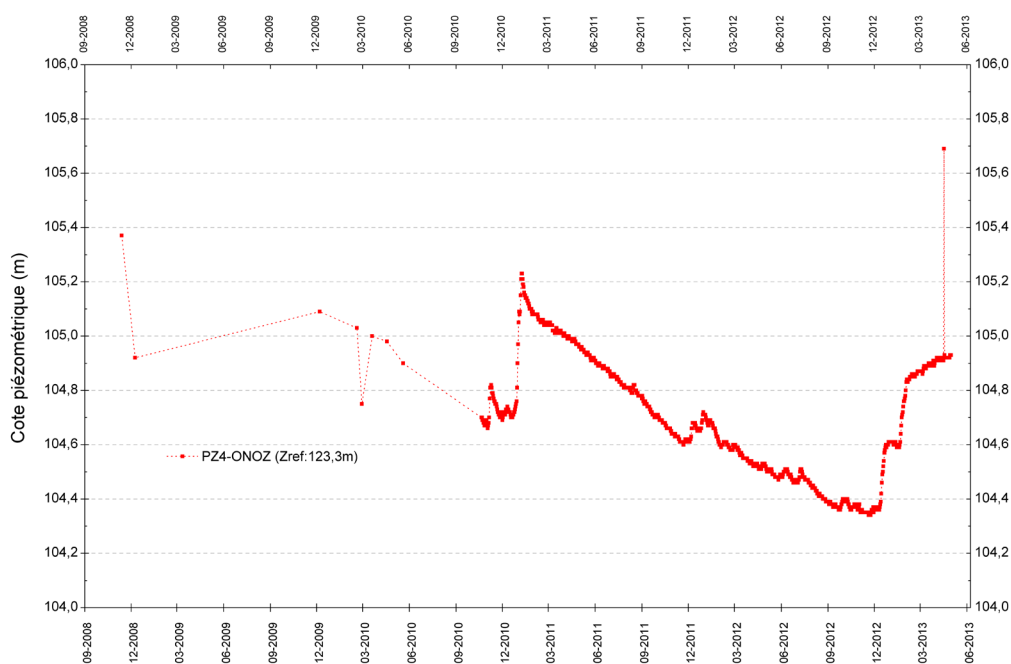
**Figure IV.5: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère. Parties nord-ouest et centre-nord du bassin de l'Orneau. Carte Fleurus-Spy**

Plus au sud, le niveau d'eau dans deux puits a aussi été suivi régulièrement (figure IV.6). Identiquement à la zone septentrionale, le niveau piézométrique fluctue avec des périodes de hautes eaux, en été, et des périodes de basses eaux, en hiver. Les écarts saisonniers observés, sur le jeu de données disponibles, sont compris entre 1 et 3 m selon les puits et l'année. Par contre, les profondeurs d'eau mesurées y sont nettement plus grandes, de l'ordre de la trentaine de mètres.



**Figure IV.6: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère. Partie centre-sud du bassin-versant de l'Orneau. Carte Fleurus-Spy**

Le piézomètre Pz4-Onoz est situé dans la partie aval de la nappe des calcaires carbonifères. Ce forage est à 500 m de l'Orneau. Depuis 2010, ce point fait partie du réseau de surveillance du Service Public de Wallonie (figure IV.7). Le niveau piézométrique varie très peu. L'amplitude maximale observée est inférieure au mètre. L'eau est à une profondeur relativement importante (une vingtaine de mètres). La chronique piézométrique de ce point est, à ce jour, trop courte, pour juger d'une cyclicité des variations saisonnières et de surcroît pluriannuelles.



**Figure IV.7: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère du bassin-versant de l'Orneau. Zone d'Onoz. Carte Fleurus-Spy**

L'étude de la relation entre le niveau piézométrique de la nappe et les quantités d'eau utile<sup>7</sup> permet aussi de mieux définir le comportement hydrodynamique de l'aquifère. A partir des données météorologiques de la station IRM<sup>8</sup> située à Mazy, l'eau utile a été quantifiée mensuellement (LGIH, 2000). Elle a ensuite été mise en parallèle avec les fluctuations piézométriques de quelques puits (figure IV.8). On remarque un décalage, parfois important, entre les maxima d'eau utile et les cotes piézométriques maximales leur succédant. D'une manière générale, sur la carte de Fleurus-Spy, l'aquifère des calcaires du Carbonifère à l'ouest de l'Orneau présente un retard à l'infiltration variant de 1 à 9 mois (LGIH, 2000). Etudié à partir de périodes plus courtes (mai 2006 à jan 2008), ce décalage a été évalué à environ 2 mois dans le projet Synclin'EAU (Brouyère et al., 2009).

La zone septentrionale de l'aquifère (région de Saint-Amand – Boignée – Balâtre) est caractérisée par (a) la faible profondeur de la nappe, (b) la proximité de La Ligne et (c) une couverture limoneuse sur les calcaires (quasi absence de sables cénozoïques). Les retards observés varient de 1 à 9 mois à Saint-Amand. A Boignée, où la rivière draine la nappe, les retards sont de 1 à 2 mois. A Balâtre, où La Ligne s'infiltré vers la nappe sauf en période de haut niveau piézométrique, les retards sont de 2 à 6 mois (LGIH, 2000).

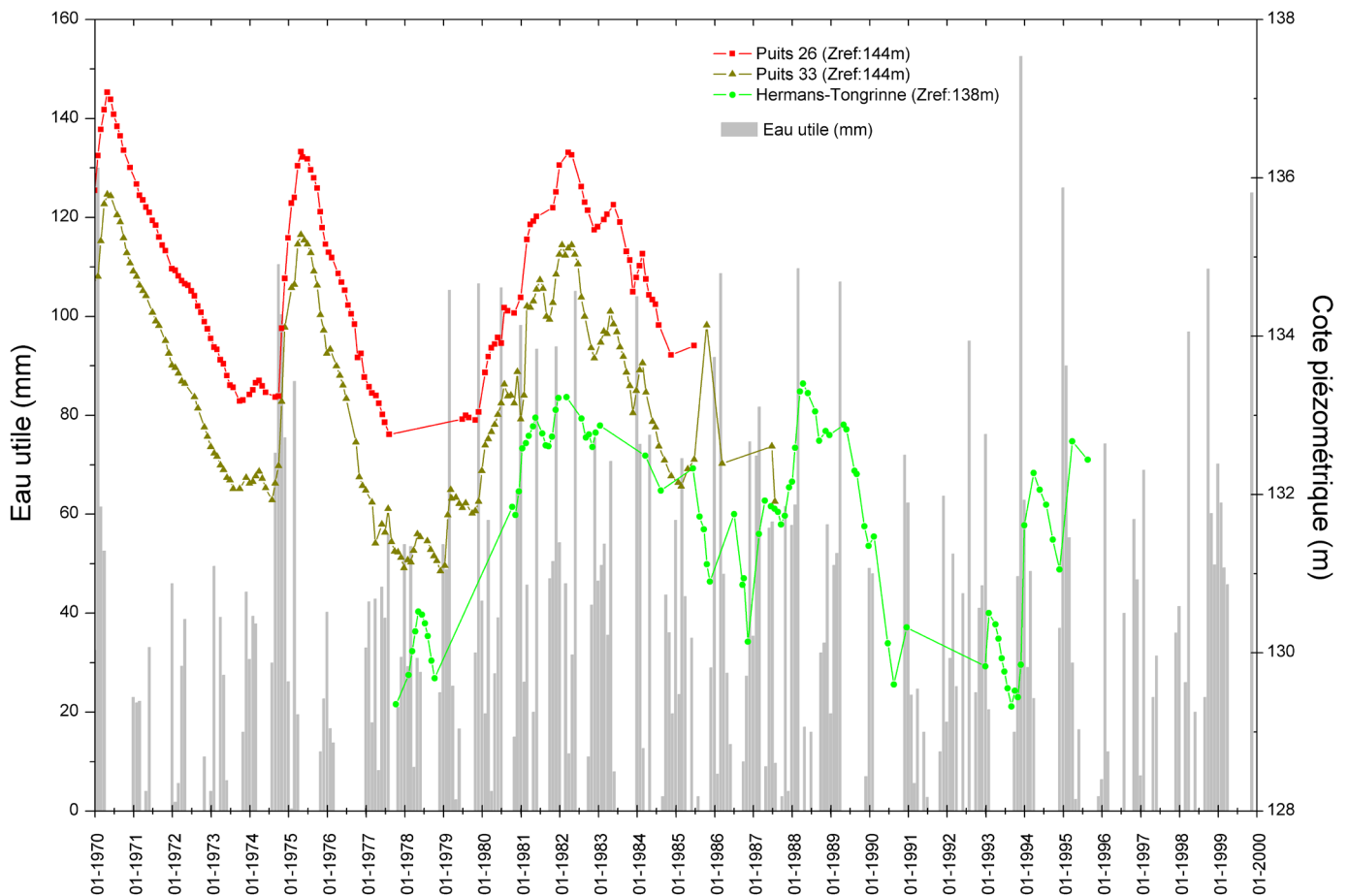
La zone méridionale de l'aquifère calcaire du Carbonifère (région de Velaine – Wanfercée-Baulet) est caractérisée par (a) une nappe plus profonde, (b) la proximité de la crête hydrographique séparant le bassin de La Ligne de celui de la Sambre et (c) une couverture discontinue de sables cénozoïques sous les limons quaternaires. Les retards à l'infiltration varient entre 4 et 9 mois (LGIH, 2000).

---

<sup>7</sup> L'eau utile est définie ici comme la partie de la lame d'eau précipitée qui est susceptible de ruisseler et/ou de s'infiltrer. Son calcul nécessite la détermination de l'évapotranspiration potentielle et du stock d'humidité du sol. Ici, le calcul de l'eau infiltrée se base sur la méthode de Thornthwaite avec un stock d'humidité maximum de 100 mm, valeur généralement admise pour les limons superficiels. Les calculs sont réalisés sur base de valeurs moyennes mensuelles (LGIH, 2000).

<sup>8</sup> Station météorologique IRM numéro FS 27. Elle est localisée sur un plateau (altitude: 138 m).





**Figure IV.8: Relation "Eau utile - Piézométrie" de la nappe des calcaires carbonifères à Saint-Amand (partie nord-ouest du bassin-versant de l'Orneau)**

La lecture de cette figure fournit encore d'autres informations. Ainsi, la quantité d'eau utile est variable d'un mois à l'autre (0 à 153 mm/mois, maximum observé en décembre 1993). En général, de novembre à avril, il y a de l'eau utile (EU > 0 mm). Certaines années, cette période peut démarrer dès octobre et/ou s'étendre jusqu'en mai-juin. Sur la période étudiée (1970-1999), la moyenne des précipitations mesurées à la station de Mazy est de 804 mm/an (minimum en 1976: 436 mm; maximum en 1974: 1060 mm).

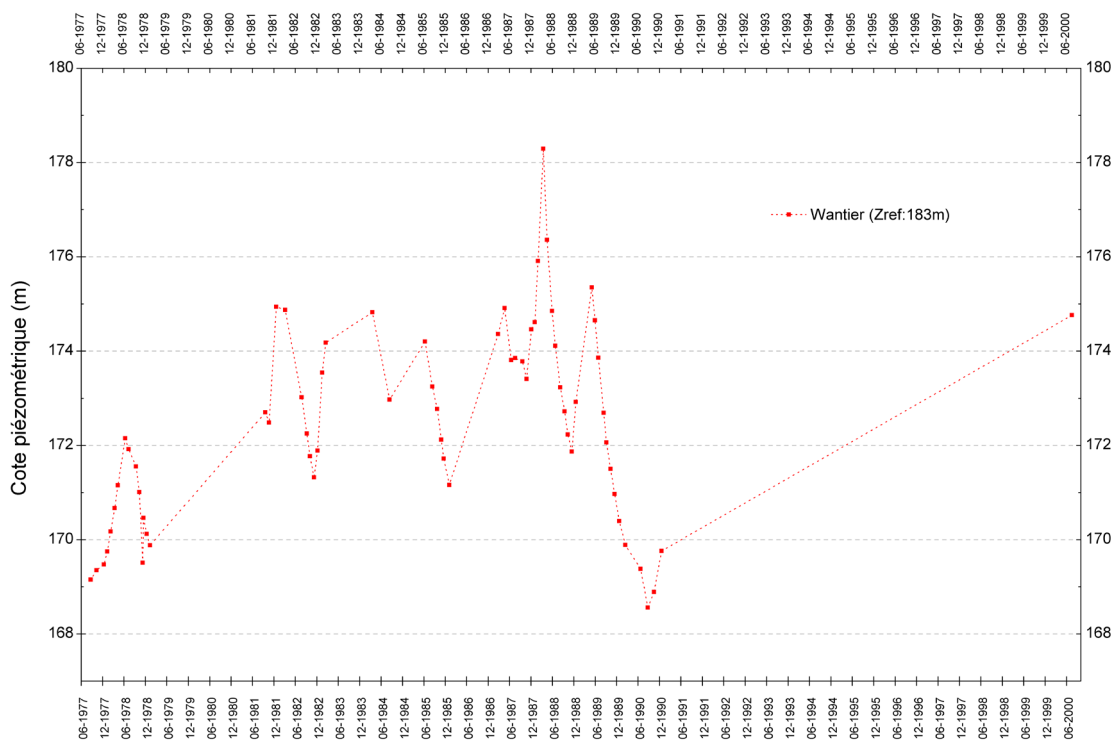
A titre indicatif, la recharge pluviométrique de l'aquifère est estimée à 187 mm/an, valeur basée sur la mesure des précipitations et sur l'estimation des valeurs de coefficient d'infiltration locale (FPMS, 2002).

La description de l'**aquifère des calcaires du Carbonifère à l'est de l'Orneau** est moins détaillée. Le jeu de données disponibles étant moins riche (nombre insuffisant de puits et piézomètres), il n'a pas été possible de tracer une carte piézométrique de la nappe. Néanmoins, sur la carte hydrogéologique principale du poster, des indications sur la direction de l'écoulement général des eaux souterraines et quelques cotes piézométriques sont fournies. L'Orneau joue aussi le rôle d'exutoire pour cette zone de l'aquifère. Quant au ruisseau Chauffour, il est globalement perdant.



Dans la zone du captage de VIVAQUA (Puits de Spy), des mesures piézométriques ont été réalisées dans quelques puits. Le sens d'écoulement naturel des eaux souterraines est orienté du nord-est vers le sud-ouest. Dans le puits de captage, le niveau piézométrique dynamique est situé à une cote de l'ordre de 83 m pour un débit d'environ 150 m<sup>3</sup>/h). Le niveau statique est situé à environ 100 m ( $Z_{sol}$ : 107,1 m)(VIVAQUA, 2005).

Au nord, le niveau d'eau a été régulièrement suivi dans le puits Wantier (figure IV.9). La profondeur moyenne de l'eau est de l'ordre de 10 m. Un cycle saisonnier est observé dans les fluctuations piézométriques, avec les hautes eaux en été et les basses eaux en hiver. L'amplitude des variations est variable d'une année à l'autre, entre 2,5 et 6 m. Au début de la décennie 1990, le niveau d'eau chute, sans doute à mettre en relation avec une diminution de la recharge.



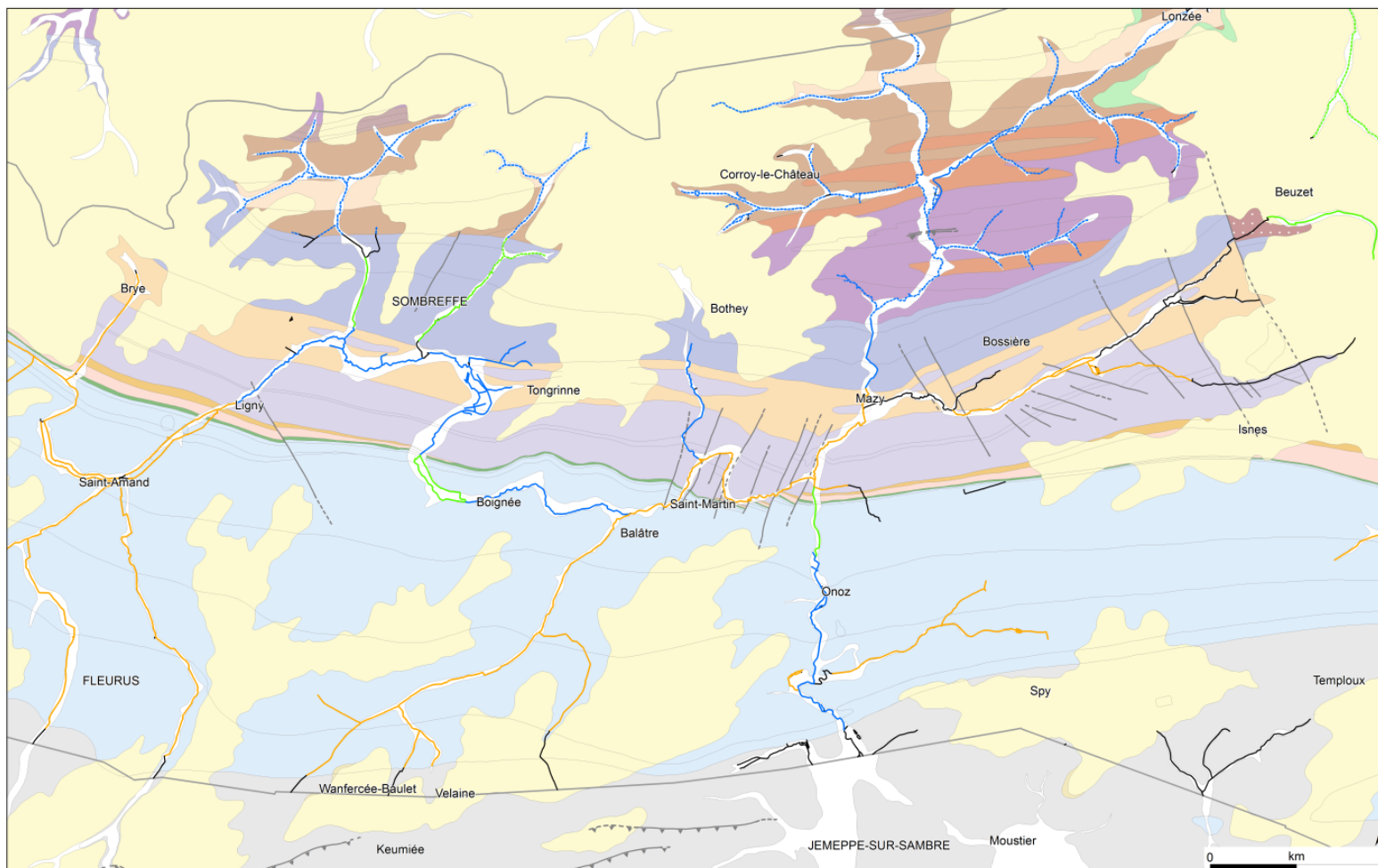
**Figure IV.9: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère. Partie est du bassin-versant de l'Orneau. Carte Fleurus-Spy**

### *Relation entre les eaux souterraines et les eaux de surface*

L'étude de la dynamique des échanges entre les eaux souterraines et les eaux de surface présente un intérêt tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif, et particulièrement dans le cadre de la gestion intégrée d'un bassin hydrographique. Une typologie mettant en évidence quatre mécanismes d'échanges différents a été développée (Brouyère et al., 2009):

- Système potentiellement drainant: l'aquifère alimente le cours d'eau et contribue à maintenir un "niveau de base". Les eaux souterraines assurent le débit d'étiage. Le débit de la rivière augmente de l'amont vers l'aval, tout au long de la section drainante. La qualité des eaux du cours d'eau est influencée, entre autres, par la qualité des eaux souterraines (par ex., les eaux souterraines stabilisent la température des eaux de surface);
- Système potentiellement perdant: le cours d'eau alimente l'aquifère. Le débit de la rivière peut diminuer suite à l'infiltration d'eau de surface vers la nappe. En période d'étiage, ce débit peut être fortement amoindri, allant jusqu'à l'assèchement du cours d'eau si celui-ci n'est pas suffisamment alimenté par le ruissellement dans la partie amont du bassin. La qualité des eaux souterraines est influencée, entre autres, par la qualité des eaux de surface;
- Système en pseudo-équilibre: les fluctuations de la nappe (hautes eaux – basses eaux) et du ruisseau (crues ou étiages) font en sorte que le sens des échanges peut être variable, de l'aquifère vers le cours d'eau (ESO→ESU) ou du cours d'eau vers la nappe (ESU→ESO);
- Système Perte-Résurgence: dans les zones karstiques, un cours d'eau peut présenter des sections où l'essentiel des écoulements sont souterrains, et d'autres sections où ces écoulements ont lieu à la surface du sol. Les pertes correspondent aux points d'entrée des eaux de surface dans le milieu souterrain et les résurgences correspondent à leur réapparition en surface. Le débit du cours d'eau peut être affecté de manière brutale. Une grande partie ou la totalité du cours d'eau peut s'engouffrer dans ces conduits souterrains.

Pour chacun de ces systèmes, deux états ont été définis: vérifié et extrapolé. Le premier est employé pour les tronçons où des mesures expérimentales ont été réalisées, tels que des jaugeages, des relevés piézométriques, des essais de traçage. En l'absence de telles données, la typologie est basée sur la géologie et sur le contexte local de la dynamique ESO-ESU.



**Typologie des systèmes d'échange**

- potentiellement drainant - vérifié
- - - potentiellement drainant - extrapolé
- potentiellement perdant - vérifié
- pseudo équilibre - vérifié
- - - pseudo équilibre - extrapolé
- indéterminé
- Limite de la masse d'eau souterraine RWM011

**Unité hydrogéologique**

- Aquifère alluvial
- Aquifère des sables de l'Eocène
- Aquifère des sables du Paléocène
- Aquitard du Santonien
- Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller
- Aquifère des calcaires du Carbonifère
- Aquiclude des schistes du Carbonifère
- Aquifère des grès du Famennien
- Aquiclude du Famennien - Frasnien

- Aquifère des calcaires du Frasnien
- Aquiclude du Frasnien
- Aquifère des calcaires du Givetien
- Aquitard du socle cambro-silurien
- Aquiclude à niveaux aquitards du socle cambro-silurien
- Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien
- Aquiclude du socle cambro-silurien
- Aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien
- Aquifère-aquitard-aquiclude du socle cambro-silurien

**Figure IV.10: Interactions entre eaux de surface et eaux souterraines - MESO RWM011 sur la carte Fleurus-Spy (d'après Brouyère et al., 2009)**

La figure IV.10 reprend la cartographie des interactions ESU-ESO pour la masse d'eau souterraine RWM011 sur la carte Fleurus-Spy. Ces données sont issues des travaux du projet "Synclin'EAU". 125 km de cours d'eau y sont cartographiés selon la typologie décrite ci-dessus. Les cours d'eau se répartissent principalement en systèmes perdants (33 %) et en systèmes drainants (42 %). A l'instar des résultats observés sur l'ensemble de la masse d'eau RWM011, les tronçons drainants sont surtout localisés sur les unités hydrogéologiques les moins perméables, à savoir les aquicludes du Famennien et du Frasnien, et les unités hydrogéologiques du socle cambro-silurien. Sur ces dernières, les tronçons évalués sont presque tous extrapolés. Sur les calcaires frasniens et givetiens au droit des zones plus argileuses et schisteuses, quelques secteurs sont aussi définis comme drainants. Les cours d'eau définis comme perdants s'écoulent majoritairement au droit des calcaires carbonifères, mais aussi parfois des calcaires frasniens. Ces portions des cours de rivières peuvent constituer un risque pour les eaux souterraines. D'un point de vue qualitatif, en cas de pollution des eaux de surface, celles-ci peuvent, en s'infiltrant, contaminer les eaux souterraines. D'un point de vue quantitatif, les systèmes perdants correspondent à une diminution du débit du cours d'eau pouvant aller jusqu'à l'assèchement en période d'étiage. Aucun des cours d'eau de la carte Fleurus-Spy (ni de la masse d'eau MRW011) n'a été classé selon le type "perte-résurgence". 8 % des cours d'eau analysés ont été classés selon le type de "pseudo-équilibre", témoignant d'une dynamique des échanges variables au cours du temps. Enfin, pour 17 % des cours d'eau, les échanges n'ont pu être évalués (type indéterminé).

Dans le cadre de l'étude sur les ressources en eau de l'aquifère des calcaires carbonifères de la région de Fleurus (LGIH, 2000), plusieurs stations de jaugeage avaient été installées dans le bassin de l'Orneau (Chauffour, La Ligne, Grand Vaux et Orneau). L'objectif de ce volet de l'étude était de mettre en évidence le comportement des rivières par rapport à l'aquifère. L'analyse des hydrogrammes de l'Orneau montre que cette rivière est alimentée par la nappe (résultats similaires à ceux obtenus dans le projet "Synclin'EAU"). Les retards (par rapport aux précipitations) à l'alimentation des cours d'eau sont nettement inférieurs à un mois. La comparaison entre les débits mesurés sur les stations placées sur le Chauffour et sur le Grand Vaux fournit les mêmes conclusions que celles-ci précédemment, à savoir que ces ruisseaux sont perdants. Concernant La Ligne, l'analyse des débits mesurés montre des tronçons perdants et des tronçons drainants.

Les données détaillées ci-dessus fournissent des informations généralisées par tronçons. L'étude des niveaux piézométriques des ouvrages situés à proximité des cours d'eau comparés à l'altitude du lit du ruisseau permet de préciser localement les interactions 'nappes-rivières. Ainsi, sur le tracé de La Ligne, d'amont vers l'aval, on observe:

- à Saint-Amand, La Ligne est perchée et perdante: l'altitude du lit du cours d'eau est comprise entre 137,5 et 140 m, alors que la cote piézométrique maximum observée aux Puits 26 et Puits 33 est, respectivement, de 137,1 m et 135,8 m;
- à Boignée, La Ligne (altitude du lit d'environ 125 m) draine la nappe dont le niveau d'eau fluctue entre 126,9 et 133,85 m dans les puits Hermans-Tongrinne et Girofosse;
- à Balâtre, La Ligne (altitude du lit entre 120 et 125 m) est perdante généralement vers la nappe, sauf en période de hautes eaux. La cote piézométrique du puits Balâtre-1 fluctue entre 115,8 et 122,4 m.

Tant en rive droite qu'en rive gauche, la nappe des calcaires carbonifères s'écoule souterrainement jusqu'à l'Orneau qui peut donc être qualifié de drainant. Les principaux affluents de l'Orneau (Chauffour, La Ligne, Grand Vaux...) sont majoritairement perdants. Le comportement hydrologique de La Ligne n'est pas homogène sur l'ensemble de son tracé. En effet, selon le tronçon considéré, la rivière est drainante ou perdante, ou encore en pseudo-équilibre avec les eaux souterraines.

#### **IV.2.1.2. Aquifère des calcaires du Frasnien**

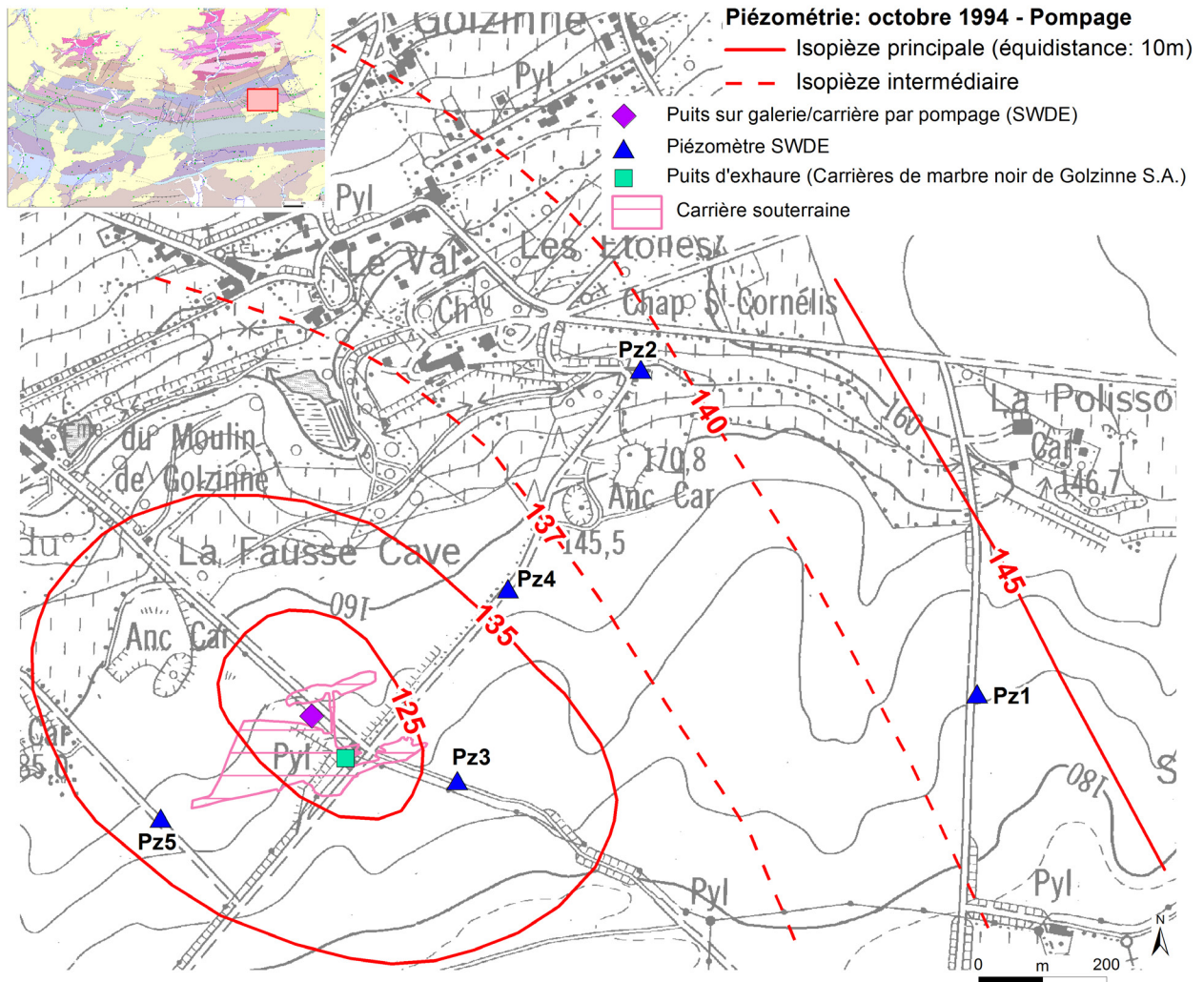
Tout comme les calcaires carbonifères, les calcaires dévoniens présentent aussi des potentialités aquifères très intéressantes. Sur la carte Fleurus-Spy, les ressources en eau souterraine des calcaires du Frasnien sont davantage exploitées que celles du Givetien. L'aquifère des calcaires givetiens est peu sollicité dans cette région. On n'y dénombre quelques captages privés mais aucun captage public.

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. De plus, ces fractures peuvent soit mettre en communication des blocs au départ isolés, soit compartimenter l'aquifère. L'aquifère des calcaires du Frasnien est limité au sud par l'aquiclude schisteux du Carbonifère et par les unités hydrogéologiques du Dévonien supérieur. Parmi ces dernières, l'aquifère des grès et l'aquiclude du Famennien, sont discontinus (biseautage vers le centre de la carte). Au nord, l'aquifère des calcaires du Frasnien est séparé de l'aquifères des calcaires du Givetien par l'aquiclude du Frasnien. Celui-ci renferme des lentilles dolomitiques (horizons aquifères). Dans la région de Saint-Martin (vallée de La Ligne), l'aquifère du Frasnien est très faillé. Ainsi des connexions avec l'aquifère calcaire du Carbonifère sont possibles.

##### *Allure piézométrique de la nappe*

Les données piézométriques ne sont pas assez nombreuses pour tracer une carte piézométrique de l'aquifère des calcaires du Frasnien. En outre, le contexte faillé de l'aquifère, des données non synchrones, une répartition spatiale hétérogène, localement une superposition d'aquifères (sables et calcaires, avec puits forés et parfois crépinés dans les deux niveaux) sont autant de facteurs rendant l'élaboration d'une carte piézométrique valable délicate.

Dans la partie orientale de l'aquifère, les niveaux piézométriques mesurés dans la zone des Isnes-Bossière indiquent que l'écoulement général des eaux souterraines est dirigé du nord-est vers le sud-ouest (voire ENE vers WSW), avec un cône de rabattement local bien marqué au droit de la carrière de Golzinne-Bossière, dû à l'exhaure (figure IV.11). Le gradient piézométrique déduit des isopièzes est d'environ 1 à 2 % dans la partie amont. Il est aux alentours de 5 %, voire 10 % dans la zone d'influence du puits de pompage. Le niveau piézométrique au droit de la carrière est approximativement de 105 m, niveau du plan d'eau au point le plus bas de la carrière. Les venues d'eau les plus importantes sont localisées dans les parties est et nord de la carrière. Vers l'aval hydrographique, en dehors de la zone d'influence de la carrière, les eaux souterraines s'écoulent vers l'Orneau qui constitue, in fine, le drain principal de cette nappe.



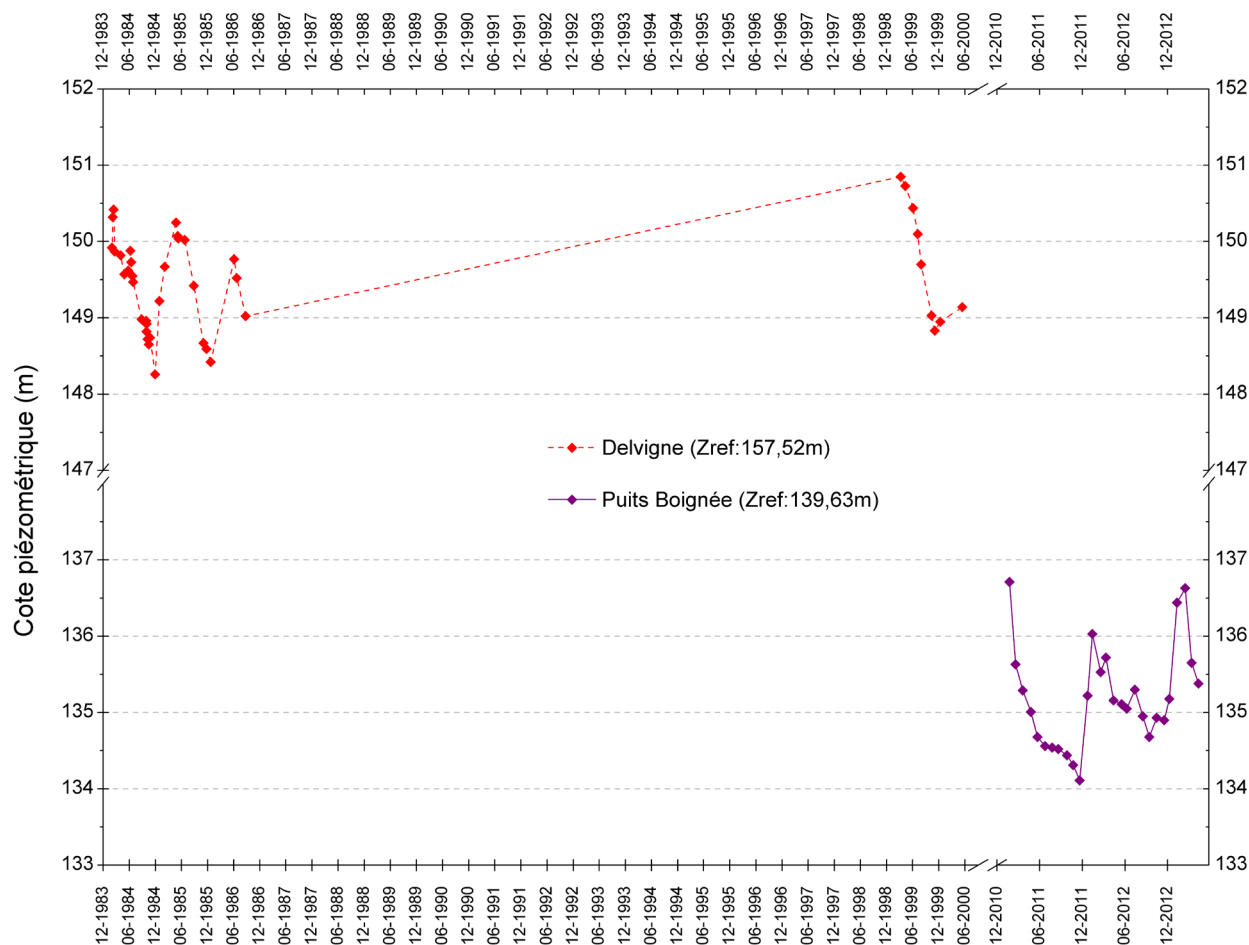
**Figure IV.11: Carte piézométrique de la nappe des calcaires du Frasnien - Site de Bossière - En situation de pompage, octobre 1994 (Ecofox, 1995)**

Dans la partie occidentale de l'aquifère, les eaux souterraines s'écoulent selon une direction générale WNW-ESE. Le drainage de la nappe est assuré par La Ligne et par l'Orneau (exutoire principal). Les pompages au droit des carrières de Saint-Martin par VIVAQUA provoquent un rabattement de la nappe. S'agissant de captages de réserve, ce cône de rabattement n'est pas permanent. On ne dispose pas d'un jeu de données suffisant pour tracer les isopièzes autour de ces sites.

#### *Fluctuations saisonnières de la nappe*

Dans la **partie occidentale de l'aquifère calcaire du Frasnien**, le niveau d'eau a été suivi au droit des puits Delvigne (à Brye) et Boignée (à Ligny). Le niveau de la nappe varie selon un cycle saisonnier: les hautes eaux au printemps, les basses eaux en hiver (parfois dès la fin de l'été). L'amplitude des variations est peu élevée, entre 2 et 2,5 m (figure IV.12). Au puits Delvigne, le toit de la nappe est situé à une profondeur comprise entre 6,7 et 8,7 m par rapport au sol. Au puits Boignée, puits traditionnel de 9 m de profondeur, le niveau de la nappe est aussi relativement proche de la surface du sol (entre 3 et 5,5 m). En général, dans les calcaires, on s'attend à un

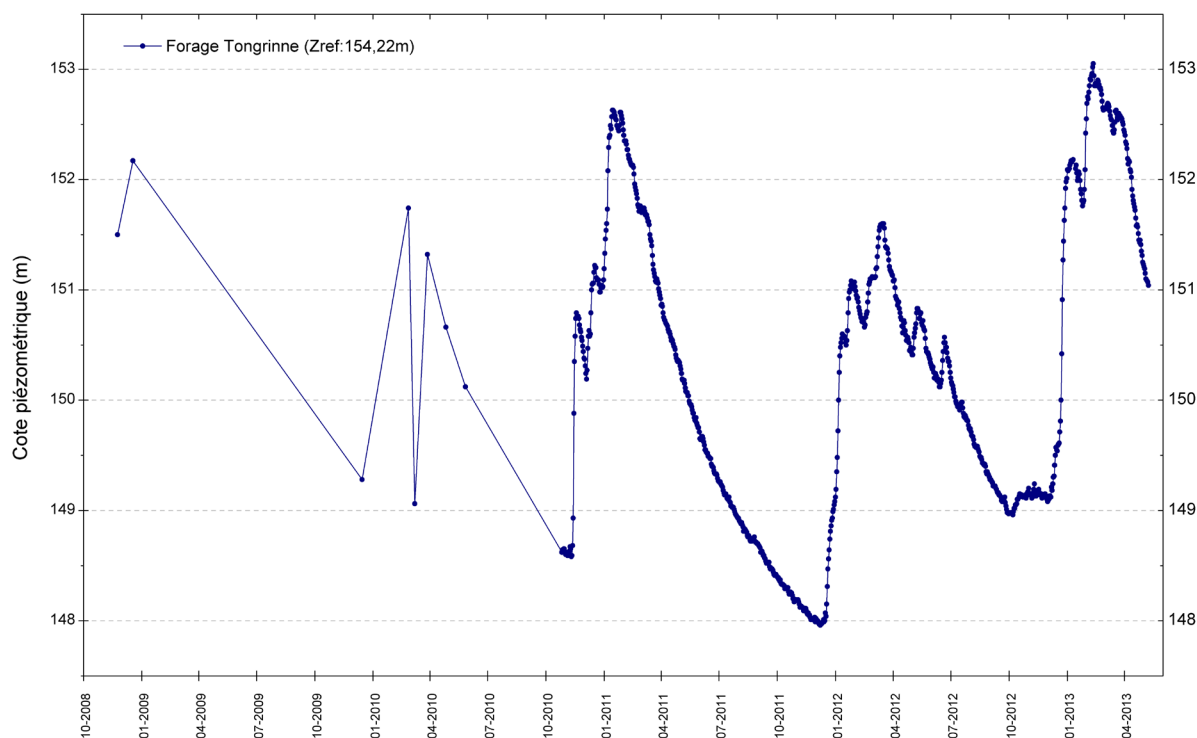
niveau piézométrique nettement plus éloigné de la surface topographique. L'aquifère des calcaires frasniens est caractérisé par des passées plus argileuses, réduisant ainsi la perméabilité de l'ensemble.



**Figure IV.12: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Frasien (partie occidentale) – Puits Delvigne et Boignée - Carte Fleurus-Spy**

A Tongrinne, un forage de 52 m a été exécuté dans le cadre du projet Synclin'Eau. Depuis 2010, ce piézomètre est équipé d'un système de mesure automatique du niveau d'eau (figure IV.13). La profondeur de l'eau fluctue entre 1,17 et 6,26 m par rapport au tubage (Zref). Les niveaux piézométriques les plus hauts sont au printemps, la remontée du niveau piézométrique est visible dès la fin de l'hiver. Les basses eaux ont lieu en automne-hiver. L'amplitude de ces variations varie, d'une année à l'autre, entre 3,5 et 4,5 m. Dès l'été, on observe une diminution du niveau piézométrique. Cette vidange de l'aquifère est entrecoupée, en 2012, en 2013, par quelques brèves remontées du niveau d'eau (en liaison avec des épisodes fort pluvieux). Cette observation indique que l'aquifère réagit rapidement aux précipitations.



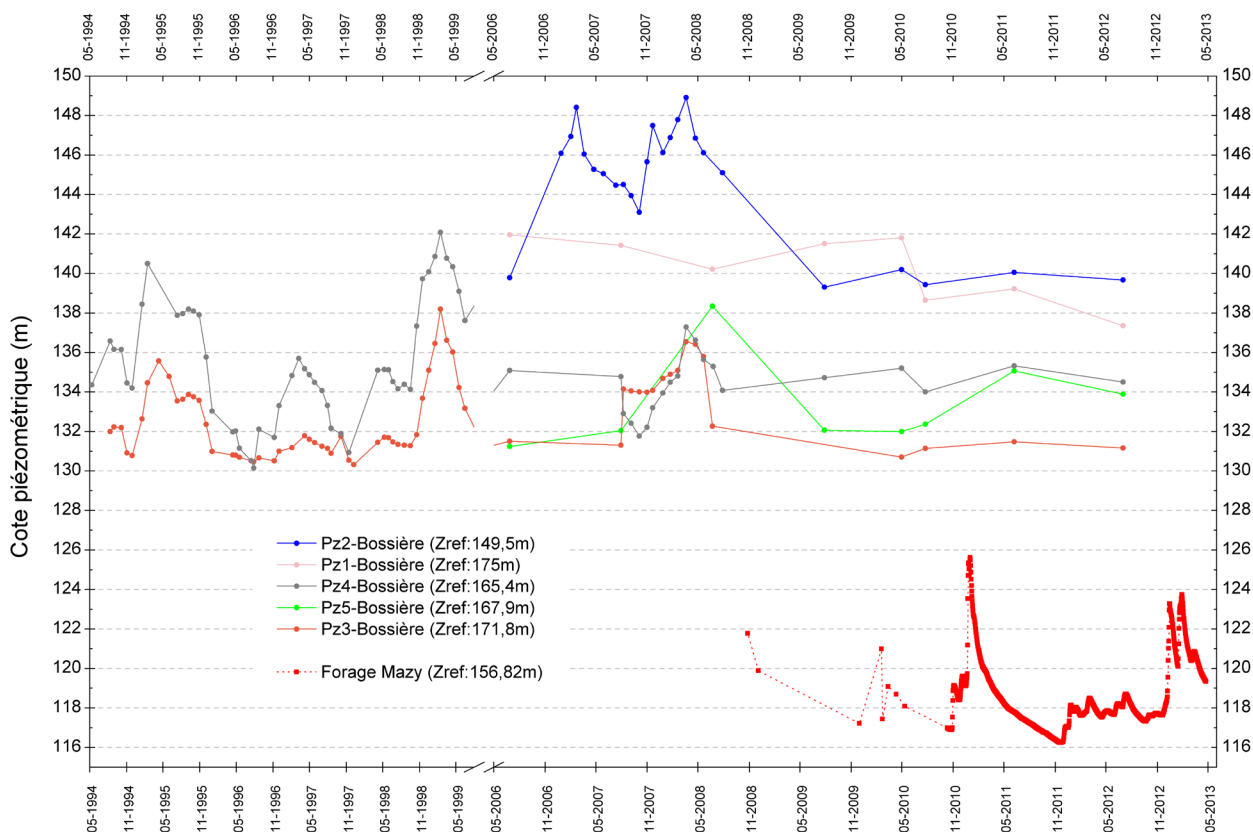


**Figure IV.13: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Frasnien (partie occidentale) – Forage Tongrinne (47/1/6/004) - Carte Fleurus-Spy**

A Saint-Martin, l'eau de deux carrières souterraines noyées (Lemmens et Villeret), anciens sites d'extraction de "marbre" noir (Formation de Rhisnes) est exploitée par VIVAQUA. Le fond de ces carrières est à la cote approximative de 85-86 m. Sur base des données disponibles, la cote maximale observée du plan d'eau est de 111,62 m à Lemmens (28.04.2006) et 115,1 m à Villeret (02.03.2002)(GEOLYS, 2011). En 2010, un suivi du niveau des plans d'eau comparé à la courbe des débits pompés a permis, suite à une période de stabilisation piézométrique, de déterminer le débit d'alimentation naturel potentiel des carrières. A Villeret, il est de 3500 m<sup>3</sup>/j. A Lemmens, il est évalué à 1500 m<sup>3</sup>/j. En outre, lors de cette période de suivi, il a été observé que le niveau d'eau dans les carrières réagissait assez rapidement aux pluies (moins de deux jours).

Cinq piézomètres ont été forés aux alentours dans le cadre de l'étude pour l'établissement des zones de prévention (GEOLYS, 2012). Quelques niveaux d'eau y sont mesurés (reportés sur la carte hydrogéologique principale). Ces données montrent que l'écoulement des eaux souterraines, en phase de pompage, est dirigé vers les carrières (rabattement du toit de la nappe).

Dans la partie orientale de l'aquifère calcaire du Frasnien, la SWDE exploite l'exhaure de la carrière souterraine de Golzinne. Cinq piézomètres ont été forés sur ce site (figure IV.11). Les niveaux d'eau y sont mesurés (d'abord trimestriellement, actuellement annuellement)(figure IV.14). Sauf pour le piézomètre Pz2, l'eau est à une profondeur supérieure à 30 m, voire 40m pour le Pz3. Les périodes de hautes eaux ont lieu au printemps, les basses eaux en automne-hiver. L'amplitude des variations saisonnières est relativement constante pour l'ensemble des forages, de l'ordre de 5 à 6 m, parfois moins (2 m pour Pz3 et Pz4, influence sans doute des pompages), parfois plus (8 m pour Pz4). La cote piézométrique de la carrière est située à environ 105 m.



**Figure IV.144: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Frasnien (partie orientale) – Forage Mazy (47/2/4/006) & site de Bossière - Carte Fleurus-Spy**

Au nord-est du captage de la SWDE, se trouve le site "Décharges des Isnes", plusieurs piézomètres y sont implantés dans le but d'un suivi qualitatif (voir [chapitre V.1](#)). L'analyse des niveaux piézométriques, mesurés d'octobre 1993 à juin 2009 sur les ouvrages de la décharge Masset, conduit à des conclusions similaires. Les hautes eaux ont lieu au printemps-été, les basses eaux en automne (tableau IV.3). Une différence du niveau de la nappe de 2 à 4 m est observée entre les périodes de hautes et de basses eaux (ISSeP, 2010).

**Tableau IV.3: Niveaux piézométriques de la nappe des calcaires du Frasnien (Décharge Masset) - Moyennes saisonnières établies d'octobre 1993 à juin 2009 (ISSeP, 2010)**

	BOIS DE RAIDI F1 - PM1 Masset	BOIS DE RAIDI F2 - PM2 Masset	BOIS DE RAIDI F3 - PM3 Masset	BOIS DE RAIDI F4 - PM4 Masset
Hautes eaux (mai-juin)	162,2 m	160,4 m	159,8 m	160,7
Basses eaux (octobre-novembre)	158,7 m	158,1 m	155,9 m	157,4 m

En aval de la carrière exploitée par la SWDE, en dehors de sa zone d'influence, a été foré un piézomètre (71 m de profondeur): forage Mazy. Depuis 2010, ce piézomètre est équipé d'un système de mesure automatique du niveau d'eau (figure IV.14). La profondeur de l'eau varie entre 31,2 et 40,6 m. Le niveau piézométrique suit un cycle saisonnier, avec les hautes eaux au printemps et les basses eaux en hiver. L'année 2012 est marquée par un niveau piézométrique maximal plus bas que les autres années. Sans doute, outre le cycle saisonnier, la nappe fluctue aussi selon un cycle pluriannuel. Cependant, la chronique piézométrique est actuellement trop brève pour confirmer cette hypothèse. Tout comme pour le forage Tongrinne, on constate que la vidange de la nappe des calcaires en été 2011 est bien nette.

### **IV.2.1.3. Phénomènes karstiques**

Comparée à d'autres régions en Wallonie, la carte Fleurus-Spy est relativement pauvre en sites karstiques. En effet, sur l'ensemble de son territoire, une vingtaine de phénomènes sont observés (figure IV.15).

La description des quelques sites karstiques de la région de Fleurus-Spy est basée essentiellement de l'Atlas du Karst Wallon (CWEPS, 1996 & 2006) et les fiches de contraintes karstiques (CWEPS, FPMs, ULg, 1995-2005).

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', à l'adresse suivante:

<http://carto1.wallonie.be/CIGALE>

Les phénomènes karstiques présents sur la carte Fleurus-Spy sont surtout des cavités développées dans les calcaires viséens. Sur les versants de la vallée de l'Orneau, aux alentours du village d'Onoz, les cavités répertoriées sont de faibles extensions (entre 10 et 100 m de développement). Elles sont totalement déconnectées du réseau hydrologique actuel. L'entrée de la Grotte de Spy, au lieu-dit 'Bèche aux Roches', est à la cote altimétrique de 118 m, l'Orneau coulant en contrebas à l'altitude d'environ 95 m. Cette grotte, comme les autres cavités situées sur l'axe de la rivière, est le témoin de l'activité d'un ancien réseau karstique. En contrebas de la grotte, on constate l'émergence d'une source pérenne à la limite entre le Viséen et le Houiller. L'eau de cette émergence s'écoule librement en créant une zone marécageuse avant de rejoindre l'Orneau.

Dans la vallée de La Ligne (affluent de rive droite de l'Orneau), trois résurgences sont observées dans le ruisseau de Saint-Pierre, ruisseau drainant l'aquifère logé dans les calcaires frasniens.

Les quelques dépressions paléokarstiques, comblées au Cénozoïque par des sables et argiles, ont généralement été exploitées.

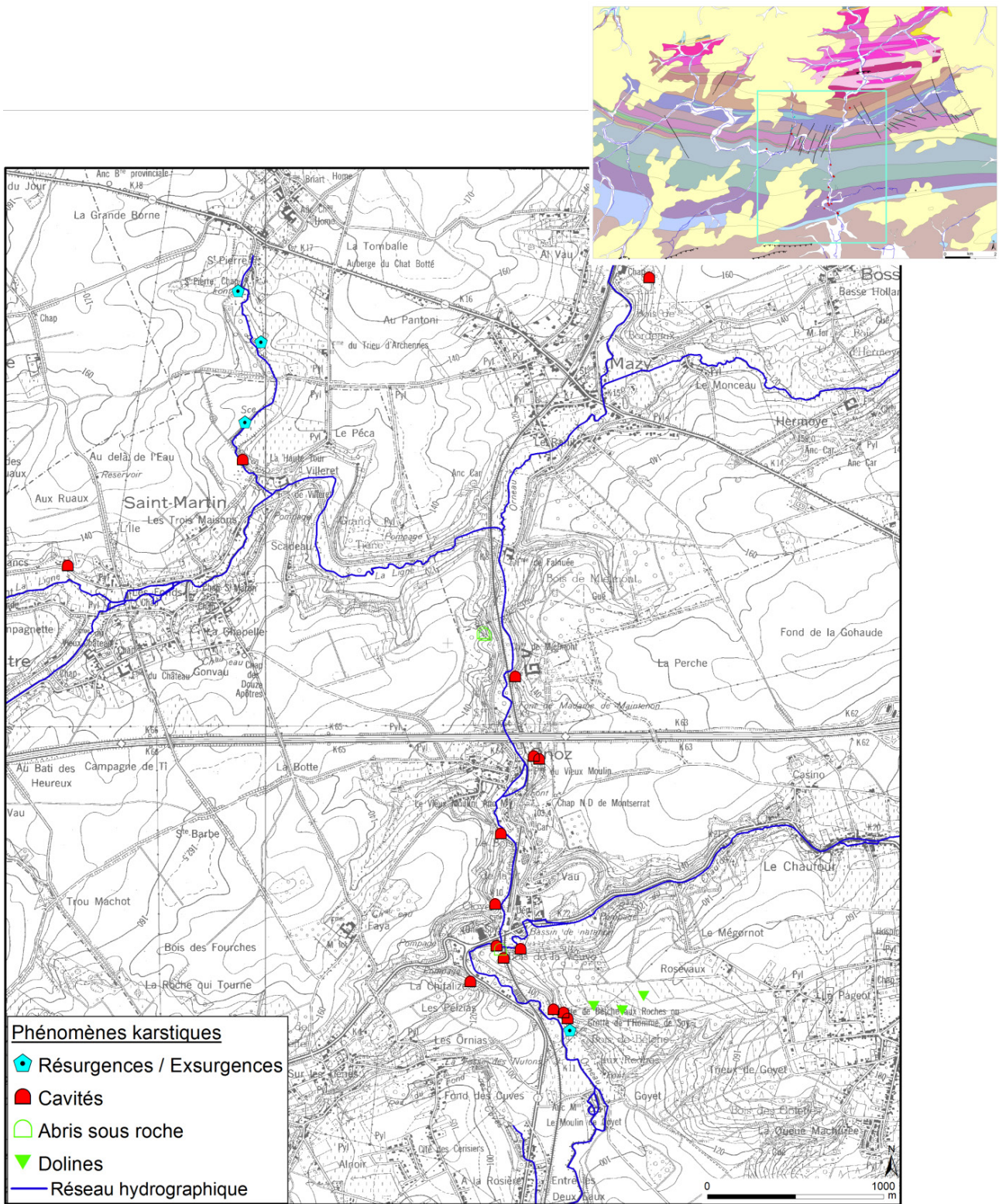


Figure IV.15: Phénomènes karstiques - Carte Fleurus-Spy



## IV.2.2. Aquifère des sables de l'Eocène

Répartis en deux zones distinctes, les sables cénozoïques présents sur la carte Fleurus-Spy peuvent être classés en deux entités hydrogéologiques différentes (figure IV.16). Au nord de la carte, sur le Massif du Brabant, ils forment l'aquifère des sables bruxelliens. Au sud, les sables remplissent les poches de dissolution formées essentiellement au droit des formations calcaires.

Ces nappes servent de tampon entre les précipitations et l'alimentation des aquifères sous-jacents. Les eaux précipitées atteignent les unités hydrogéologiques sous la couverture sableuse par drainage *per descendum*. Dans le coin nord-est de la carte, là où l'argile sableuse de Loncée a été repérée, la recharge de l'aquifère du socle est retardée par rapport aux zones dépourvues de ce niveau aquitard.

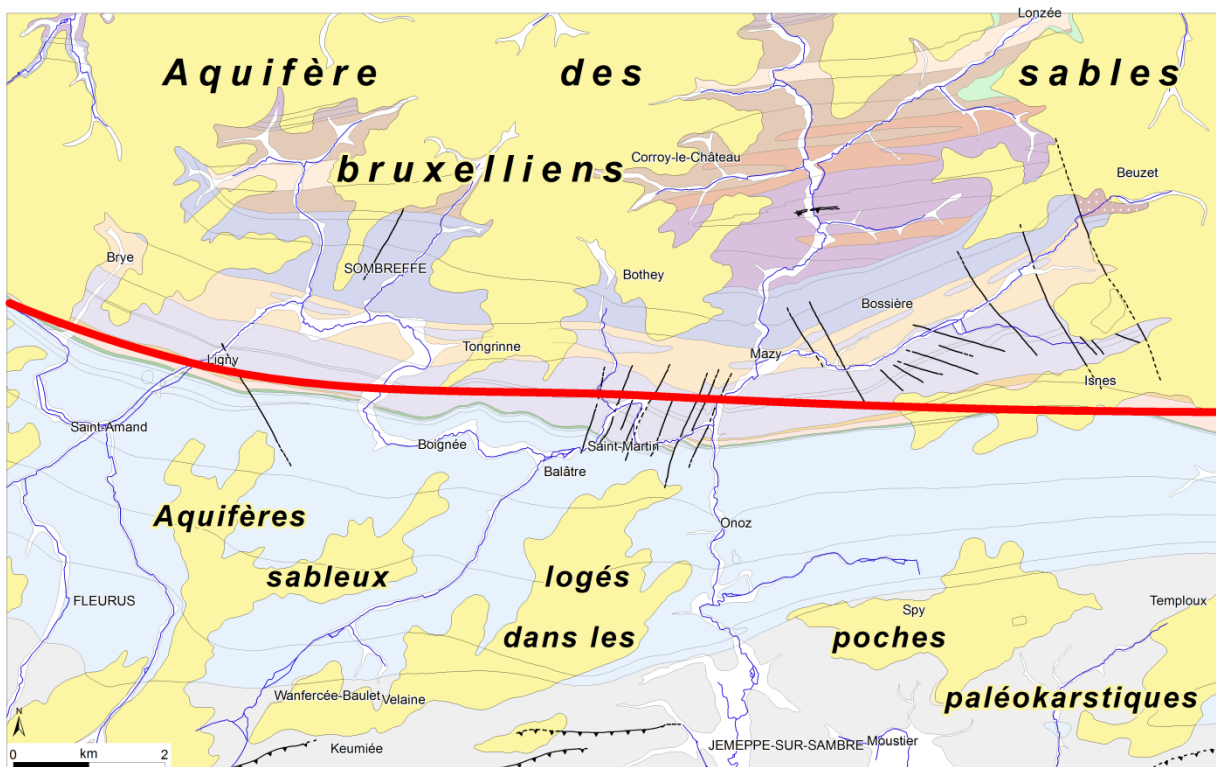


Figure IV.16: Aquifères sableux de l'Eocène –Fleurus-Spy

### IV.2.2.1. Aquifère des sables bruxelliens

Reposant sur le Massif du Brabant, les sables grossiers souvent glauconieux à la base, correspondant à la Formation de Bruxelles, marquent la limite méridionale de l'aquifère dit des sables bruxelliens, sur la carte Fleurus-Spy. Quelques bancs de grès indurés à ciment carbonaté caractérisent aussi cette formation. Le socle paléozoïque sur lequel ils reposent est semi-perméable. Ainsi la base de l'aquifère est parfois marquée par une ligne de sources au contact entre le bed-rock et les sables. La nappe logée dans ces sables est libre. En moyenne, 23 millions de m<sup>3</sup> sont prélevés annuellement dans cet aquifère (SPW-DGO3, 2013). Cette réserve d'eau souterraine importante est peu exploitée sur la carte Fleurus-Spy où la nappe affleure sur environ 40 km<sup>2</sup>. On y dénombre quelques captages privés (en opposition aux cartes du nord où il y a de

nombreuses prises d'eau des compagnies de distribution publiques d'eau). Dès lors, peu de données sont disponibles pour caractériser le comportement hydrogéologique de cet aquifère.

La piézométrie de la nappe des sables bruxelliens est conditionnée par le réseau hydrographique. Celui-ci joue le rôle de niveau de base et, généralement, draine la nappe. Les eaux souterraines se dirigent vers les ruisseaux et les rivières qui incisent cette unité hydrogéologique. Globalement, le sens de l'écoulement souterrain au sein de la nappe des sables bruxelliens sur la carte Fleurus-Spy est vers le nord. Dans la région de Beuzet (nord-est de la carte), l'étude des échanges entre les eaux de surface et les eaux souterraines, présentée ci-dessus (voir figure IV.10), a montré, que les cours d'eau s'écoulant sur les sables de l'Eocène étaient en pseudo-équilibre avec la nappe aquifère (Brouyère et al., 2009).

#### ***IV.2.2.2. Aquifères sableux logés dans les poches paléokarstiques***

Les dépôts sableux localisés sur la moitié sud de la carte Fleurus-Spy sont généralement situés sur les roches carbonatées du Dévonien et du Carbonifère. Ces placages sableux, comblant des paléokarsts, peuvent être le siège de petites nappes locales, perchées et souvent temporaires en présence d'une couche argileuse à la base (argile de décalcification). Sur un substrat plus perméable, ces lambeaux sableux jouent un rôle de filtre des eaux précipitées vers les nappes calcaires sous-jacentes. Cette couverture sableuse influence la dynamique des aquifères sous-jacents. En effet, en sa présence, la recharge de ces aquifères ne se fait plus directement par une infiltration directe mais par drainance. Ceci va induire un certain retard entre les précipitations et la montée du niveau piézométrique au sein des calcaires sous-jacents, mais aussi lisser, dans une certaine mesure, la fluctuation des niveaux piézométriques.

#### **IV.2.3. Unités hydrogéologiques cambro-siluriennes du Massif du Brabant**

Plusieurs unités hydrogéologiques sont identifiées au sein des formations géologiques du Massif du Brabant. Sur la carte Fleurus-Spy, on distingue:

- Aquitard du socle cambro-silurien
- Aquiclude à niveaux aquitards du socle cambro-silurien
- Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien
- Aquiclude du socle cambro-silurien
- Aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien
- Aquiclude-Aquitard-Aquifère du socle cambro-silurien (Silurien indifférencié)

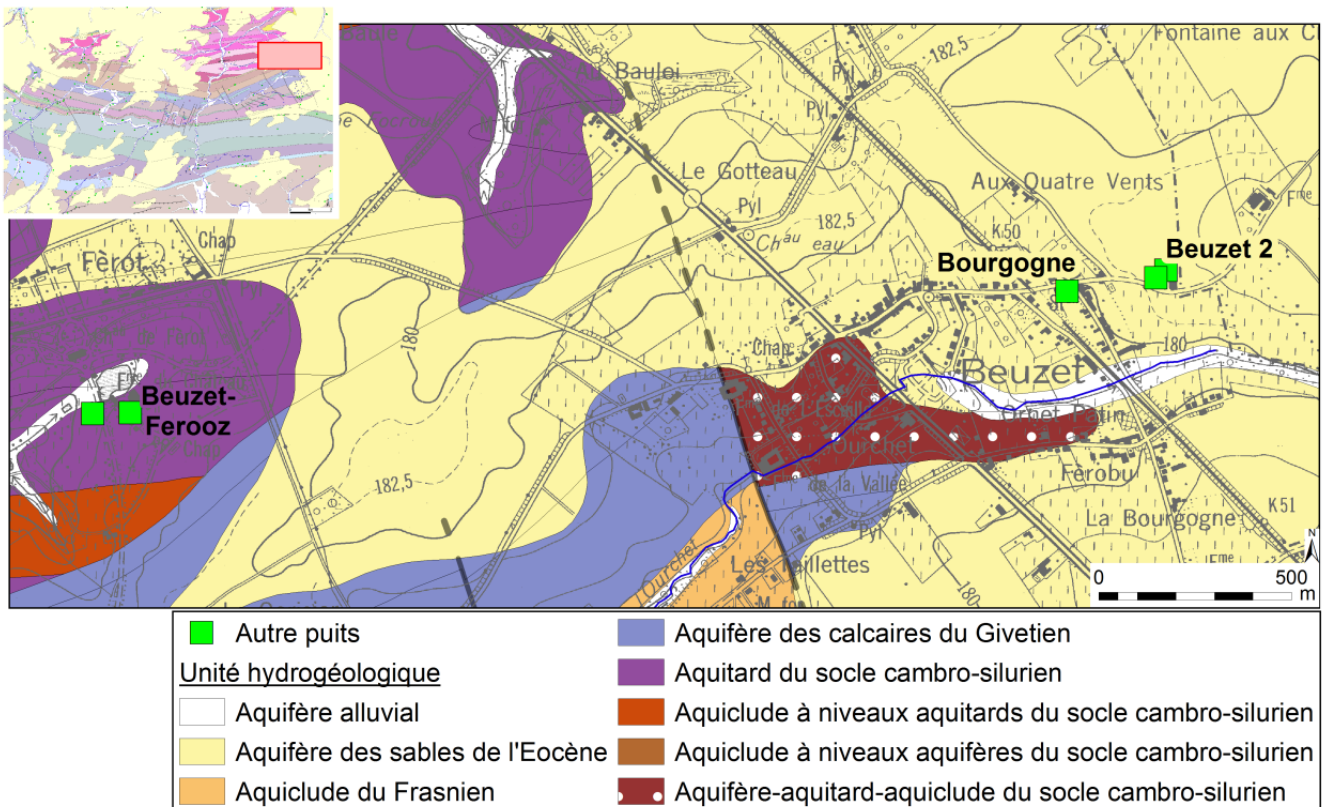
Quelle que soit l'unité hydrogéologique considérée, le schéma hydrogéologique est similaire dans ces terrains. Deux types de nappes sont distingués dans le socle ordovico-silurien: (1) une nappe superficielle dans le manteau d'altération du sommet du bed-rock et, (2) la nappe profonde logée dans les fissures et les fractures du bed-rock.

L'importance de la première nappe est liée au taux d'altération des grès, quartzites, siltites et schistes. Le produit d'altération des grès et des quartzites étant le sable, ils peuvent constituer un aquifère intéressant. Par contre, les schistes et les siltites s'altérant en argile constitueront une couche moins perméable, aquiclude ou aquitard. Ce type de nappe, souvent perchée, est généralement de faible capacité et temporaire; elle est rechargée par les importantes précipitations automnales et hivernales. Durant les périodes sèches, l'aquifère 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 développées en surface.

Le second type de nappe est dû aux différentes phases tectoniques qui ont affecté le Massif du Brabant induisant un taux de fissuration élevé, particulièrement intéressant dans les niveaux gréseux et quartzitiques. Les failles, fractures, fissures jouent un rôle important dans ce type d'aquifère. Dans les formations gréso-quartzitiques, elles vont drainer les eaux souterraines (parfois en quantité importante) que ce soit les eaux logées dans le manteau d'altération ou dans le socle fissuré. Par contre, dans les schistes et les phyllades, la nature argileuse du remplissage des failles et fractures va réduire les écoulements souterrains. Les failles auront un rôle d'écran ou de seuil hydrogéologique. Ainsi, dans cette nappe profonde, la quantité d'eau qui peut être stockée dans les fractures et fissures du bed-rock 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.

Le socle cambro-silurien occupe le quart nord de la carte Fleurus-Spy, où il est largement recouvert par les sables bruxelliens (Cénozoïque-Eocène). Il affleure dans les vallées, surtout à hauteur de Corroy-le-Château sur une bande d'environ 3 km de large. Comparativement aux aquifères calcaires, les eaux logées dans les roches du Massif du Brabant sont peu exploitées. Quelques prises d'eau à usage local sont recensées sur le territoire couvert par la carte Fleurus-Spy. On dispose ainsi de peu de données permettant de mieux définir le contexte hydrogéologique de cette zone. Dans le bassin de l'Orneau, le niveau d'eau a été suivi dans quelques puits (figures IV.17 et IV.18).



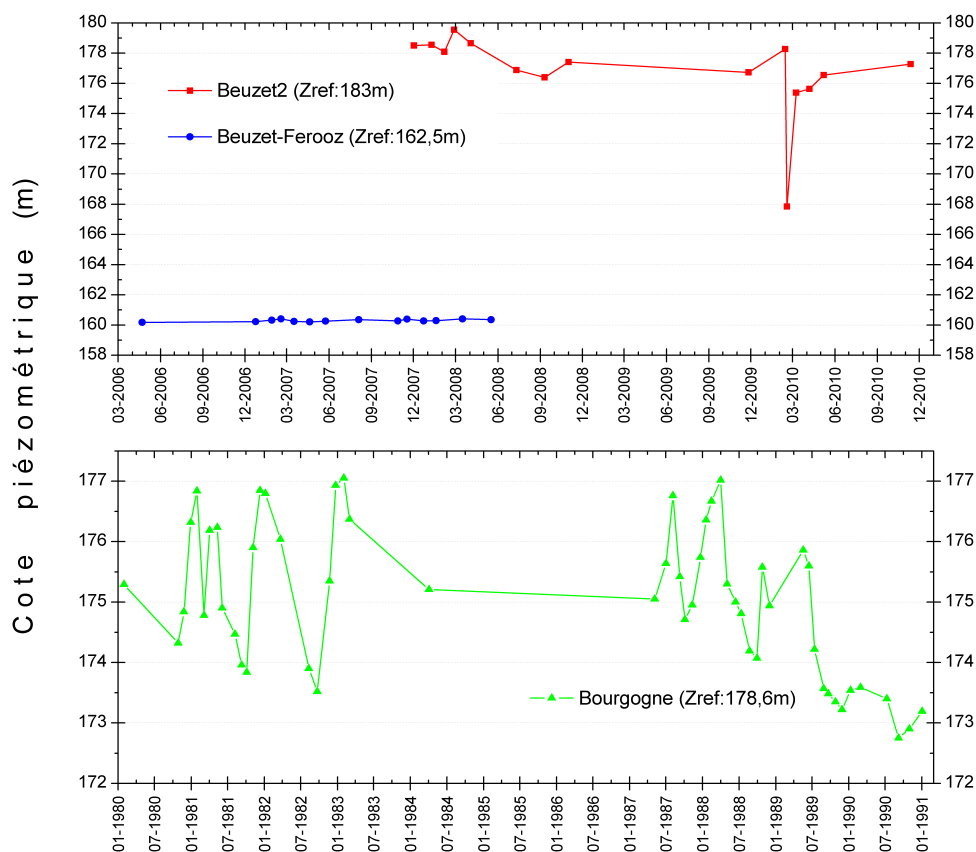


**Figure IV.17: Localisation des puits suivis implantés dans les unités hydrogéologiques du Cambro-Silurien**

Entre 2008 et 2010, le niveau piézométrique a été suivi dans le puits foré 'Beuzet2' (profondeur: 48 m). Sur cette période, l'eau se situe entre 5 et 7 m par rapport à la surface topographique, excepté en février 2010 (pompage ? erreur de mesure ?). Sur cette courte chronique, les hautes-eaux semblent avoir lieu au début du printemps. Cette interprétation doit être consolidée par un suivi piézométrique plus long. Au vu de la profondeur du puits et des niveaux d'eau observés, il est probable que ce puits sollicite les horizons aquifères profonds du bed-rock gréseux fissuré, semi-captifs à captifs.

A 2,7 km à l'ouest de ce point, le niveau piézométrique mesuré dans l'ouvrage 'Beuzet-Ferooz' montre, quant à lui, très peu de variation sur la même période d'observation. La profondeur de l'eau, par rapport au sol, est de 2 à 2,5 m dans ce puits traditionnel peu profond (3,7 m). Ce puits sollicite la nappe logée dans le manteau d'altération du bed-rock.

Le niveau d'eau au droit du puits 'Bourgogne', ouvrage de profondeur inconnue, a été suivie de 1980 à 1983, et de 1987 à 1991. Sur ces périodes, la profondeur de la nappe a fluctué entre 1,55 et 5,85 m. Ces profondeurs d'eau laissent supposer que le puits exploite principalement les sables cénozoïques et aussi peut-être le sommet altéré du Massif du Brabant. Les hautes eaux se situent fin de l'hiver, les basses eaux en été. Les niveaux d'eau plus bas, observés de septembre 1989 à janvier 1991 (fin de la période d'observation) sont peut-être la cause d'une reprise de pompage (ou d'une augmentation du débit prélevé). Cependant, nous ne disposons pas d'information pour corroborer cette thèse.



**Figures IV.158a & b: Fluctuations piézométriques – Unités hydrogéologiques du socle cambro-silurien**

L'étude des échanges entre les eaux de surface et les eaux souterraines (Brouyère et al., 2009) a permis d'apporter quelques compléments d'informations, bien que le résultat des tronçons des ruisseaux évalués soit extrapolé. Les ruisseaux s'écoulant sur le socle cambro-silurien sont drainants.

#### IV.2.4. Coupes hydrogéologiques

La coupe, orientée nord-sud, traverse les localités de Sombreffe, Ligny, Boignée, Velaine et Keumiée. Hydrographiquement, elle est située dans le bassin-versant de l'Orneau, et plus précisément dans le bassin de La Ligne. Deux coupes ont été dressées, sur le même axe mais avec une échelle des hauteurs différente. L'échelle horizontale des coupes est au 25 000<sup>ème</sup>, l'échelle verticale est de 1/25 000 pour la coupe géologique et de 1/5000 pour la coupe hydrogéologique. Ce facteur d'exagération des hauteurs (X5) permet une meilleure visibilité du niveau piézométrique, reporté sur cette coupe.

Cette coupe est basée sur la coupe aa' de Delcambre et Pingot (2008), complétée au nord pour couvrir toute la largeur de la carte. Ainsi, les limites entre les formations de l'Ordovicien inférieur, sous la couverture cénozoïque, sont à considérer avec prudence (extrapolation des limites de ces formations depuis la carte Chastre-Gembloux, au nord). Ceci concerne les Formations de Rigenée (RIG), d'Ittre (ITT) et de Bornival (BNV).

La coupe traverse toutes les entités géologiques de la carte Fleurus-Spy. Du nord au sud, elle démarre sur la bordure méridionale du Massif du Brabant (Ordovicien et Silurien) et puis elle rencontre le flanc septentrional du Parautochtone brabançon (Dévonien et Carbonifère). Le pendage des couches du Paléozoïque inférieur fortement redressé par rapport aux terrains dévono-carbonifères est nettement visible sur la coupe. Il en est de même pour la surface de discordance épicalédonienne, bien repérable, entre le Membre de Mautiennes (Formation du Bois de Bordeaux) et la Formation des Vallées.

Hydrogéologiquement, les principales entités sont également représentées sur cette coupe et, plus particulièrement, l'aquifère des calcaires du Carbonifère. La piézométrie de cette nappe présentée sur la coupe illustre la situation en janvier 2007. Sur la coupe, on observe aisément que le ruisseau de Grand Vau(x) est perdant (en concordance avec l'étude des échanges entre les eaux de surface et les eaux souterraines du projet Synclin'EAU, voir [chapitre IV.2.1](#)). L'Orneau, hors coupe et dont l'altitude minimum du lit est à environ 100 m, constitue le niveau de base de la majorité des aquifères de la carte Fleurus-Spy.

#### **IV.2.5. Piézométrie de la carte Fleurus-Spy**

Les données piézométriques relatives à la carte Fleurus-Spy sont reprises via des isopièzes ou via des cotes piézométriques ponctuelles. Des isopièzes n'ont pu être tracées que pour une partie de l'aquifère des calcaires du Carbonifère, avec une équidistance de 5 m, pour la période de janvier 2007. 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 autres unités hydrogéologiques. Dès lors, les cotes ponctuelles, avec la date de prise de la mesure, sont reportées sur la carte principale (1/25.000), ainsi que le sens probable de l'écoulement souterrain. L'analyse détaillée des données piézométriques est abordée dans les sous-chapitres précédents (IV.2. 1-2-3).

L'Orneau, traversant la carte du nord au sud, constitue l'exutoire majeur de la majorité des nappes logées dans les terrains de la carte Fleurus-Spy. Le réseau hydrographique secondaire (par rapport à la rivière principale de la zone, l'Orneau) a également un rôle important au niveau de l'écoulement des eaux souterraines. En effet, soit il draine les nappes, soit il s'infiltré, hétérogénéité tant spatiale que temporelle.

La direction de l'écoulement des eaux souterraines est indiquée sur la carte hydrogéologique. Dans la partie occidentale du bassin de l'Orneau, les flèches indiquant la direction d'écoulement des eaux de l'aquifère des calcaires du Carbonifère sont basées sur la piézométrie de janvier 2007. Les flèches des autres unités hydrogéologiques sont indicatives. Le sens de l'écoulement y est défini sur base des contextes hydrogéologique et hydrographique et sur la connaissance du comportement hydraulique général des aquifères.

Dans les aquifères calcaires, la nappe est susceptible d'être plus rabattue que dans les autres unités hydrogéologiques, présentant ainsi des niveaux d'eau relativement profonds. Les écarts entre les hautes eaux et les basses eaux y sont souvent plus marqués. Dans les aquifères moins perméables, la surface piézométrique est souvent proche de la surface topographique et est davantage influencée par la topographie. Dans les unités hydrogéologiques de nature gréseuse, schisto-gréseuse, quartzitique ou quartzo-phylladeuse, on rencontre généralement deux types de nappes: nappe superficielle et nappe profonde.

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 et piézomètres de la carte Fleurus-Spy montrent que les basses eaux ont lieu en automne-hiver et les hautes eaux au printemps (cyclicité annuelle – fluctuations saisonnières). La période d'observation étant souvent trop courte, les données ne permettent pas de définir s'il existe une cyclicité interannuelle. Excepté pour la partie occidentale de l'aquifère des calcaires du Carbonifère où un cycle pluriannuel de 5 à 7 ans est observé.

## 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 (AGW 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 eu lieu sur le territoire de la carte Fleurus-Spy (calcaires, sables, grès, argiles...). Une carrière souterraine est toujours en activité. Quelques anciennes carrières à ciel ouvert ou souterraines, noyées, sont utilisées pour des captages (SWDE et VIVAQUA). Cependant la plupart des sites sont, aujourd'hui, fermés. 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). Depuis 1998, la DGARNE a mis en place un réseau de contrôle des centres d'enfouissement technique. Ce réseau est géré par l'ISSeP. Des informations sont disponibles via le portail Web du Service Public de Wallonie: <http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/>. 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/>. Sur la carte Fleurus-Spy, quatre sites sont répertoriés dans cette base de données (tableau V.1).

**Tableau V.1: Sites WALSOLS repris sur la carte Fleurus-Spy**

<u>Commune</u>	<u>Nom</u>	<u>Code</u>
Gembloux	Campagne de Raidi	Nr-1702-01
	Décharges des Isnes	Nr-1707-01
Jemeppe-sur-Sambre	Les Quatre Vents	Nr-2301-01
	Carrière d'Onoz	Nr-2306-01

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](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, plusieurs masses d'eau souterraine sont distinguées (figure V.1). Parmi celles-ci, la masse d'eau souterraine RWM015 a un statut particulier. En effet, il n'a pas été défini en tant que masse d'eau souterraine au sens de la Directive cadre sur l'Eau pour

des raisons quantitatives mais aussi qualitatives. Cette masse d'eau virtuelle ne représente pas une ressource en eau souterraine aisément mobilisable. De plus, son état chimique naturel peut être défini de médiocre en raison de la nature des formations géologiques et de l'activité industrielle passée (charbon et houille) (DGARNE-Direction des Eaux souterraines et Protectis-Cellule DCE, 2010). Sur le territoire de la carte Fleurus-Spy, on dénombre 13 points du réseau de surveillance de la masse d'eau souterraine RWM011, les Calcaires du bassin de la Meuse bord nord. Le réseau de surveillance des autres masses d'eau souterraines ne compte pas de points sur le territoire de la carte Fleurus-Spy.

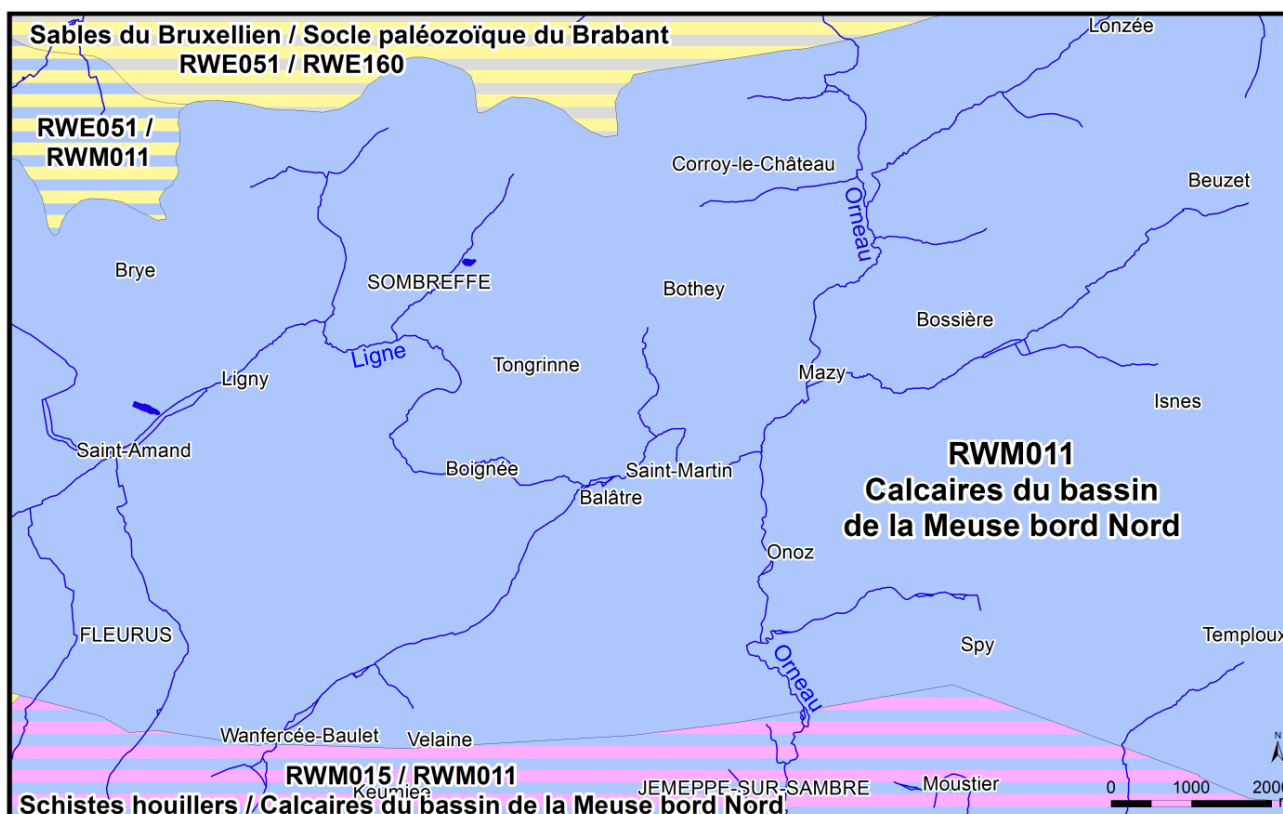


Figure V.1: Masses d'eau souterraine – Fleurus-Spy

## V.1. CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

Les analyses disponibles pour définir le faciès hydrochimique des eaux logées dans les terrains de la carte Fleurus-Spy sont essentiellement issues des captages destinés à la distribution publique d'eau potable. Quelques analyses proviennent du réseau de surveillance qualitative du SPW. Les aquifères calcaires, tant du Carbonifère que du Dévonien, en tant que principales ressources en eau de la zone étudiée, sont les unités hydrogéologiques les mieux pourvues en analyses hydrochimiques. Afin de compléter les données hydrochimiques issues d'échantillons de prises d'eau localisées sur la carte Fleurus-Spy, sont reprises à titre indicatif les informations sur la géochimie des aquifères de "l'Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie" (SPW-DGO3, 2013). Ces résultats sont à considérer globalement. Ils sont représentatifs d'une masse d'eau souterraine dans son ensemble.

### V.1.1. Aquifère des calcaires du Carbonifère

Les eaux souterraines issues de l'aquifère des calcaires carbonifères sont de type bicarbonaté calcique, avec un pH neutre à alcalin et de dureté et conductivité élevées (tableau V.2). Les analyses des eaux du captage de Ligny (VIVAQUA) diffèrent légèrement des autres résultats présentés. Pour rappel, cette prise d'eau consiste en une carrière à ciel ouvert. Dès lors, la composition de l'eau souterraine de la fosse peut être modifiée par un apport d'eau atmosphérique et/ou d'eau de ruissellement. Le forage PR1 Velaine se démarque également des autres ouvrages. Sa minéralisation est nettement plus marquée. Plusieurs éléments sont à surveiller, certains dépassent les normes-guides (fluorures, nitrates).

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

Élément	Unité	Niveau-guide RW	Onoz G1 Galerie	AIE P2 Puits foré	Velaine P4 Puits foré	Velaine PR1 Puits foré	Spy P1 Puits foré	Ligny Carrière à ciel ouvert	Calcaires du bord Nord du bassin de la Meuse
		Code de l'Eau	21/11/2012	24/04/2013	21/11/2012	12/02/2013	02/02/2010	18/10/2010	1994-2000
pH		6,5 à 9,5	7,47	7,28	7,35	6,8	7,27	8,15	7,3
Conductivité (K20)	µS/cm	2100	745	738	714	1217	724	723	699
Dureté totale (TH)	°F	67,5	42,7	40,4	42	54	44,2	29,4	39,2
Alcalinité totale (TAC)	°F	-	30,7	29,5	28,7	48,3	31,6	19	-
Calcium	mg/l	270*	128,9	136,7	129,5	162	139	70	125,4
Magnésium	mg/l	50*	25,4	15,3	23,5	34	23	28,8	18,8
Sodium	mg/l	150	12,3	10,8	13,2	73	15,7	13,3	12,7
Potassium	mg/l	12	1,4	1,3	1,6	36	2,9	2,2	2,7
Bicarbonates	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	353,7
Strontium	µg/l	750**	220,7	236,9	214,4	-	211	193	251
Fer total dissous	µg/l	200*	<12	<12	<12	-	<5	20,4	391
Manganèse	µg/l	50*	<0,1	<0,1	0,1	-	<1	3,6	62
Sulfates	mg/l	250*	81,5	85,7	78,4	121	67,6	76	83,5
Chlorures	mg/l	200	39	41,7	43,9	73	45,2	31,4	31,9
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	0,15	0,12	0,11	0,09	0,12	0,108	0,27
Nitrates	mg/l	50	9,3	27,6	14,9	59	11,9	12,6	10,1
Nitrites	mg/l	0,1	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,03	0,03	<0,02
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,02	<0,02	<0,02	0,38	<0,05	0,05	0,03
Silice (SiO <sub>2</sub> )	mg/l	-	11,6	14,5	12,4	-	12,3	5	13,9
* norme de potabilité à défaut de valeur-guide ** selon la Directive européenne									SPW-DGO3, 2013

Sur la commune de Jemeppe-sur-Sambre, se trouvent deux des quatre sites 'Walsols' répertoriés sur la carte Fleurus-Spy.

A Balâtre, le site "Quatre Vents" (Nr2301-01) est un ancien dépotoir réhabilité (SPAQuE, 2007). Les déchets ont été évacués. Des prélèvements de sols en fond de fouille ont été réalisés et analysés. Toutes les terres contaminées ont été enlevées.

A proximité du village d'Onoz et de l'autoroute E42, se trouve le site "Carrière d'Onoz" (Nr2306-01), dépotoir dans une ancienne carrière. Le site est majoritairement colonisé par une végétation



herbacée haute et par quelques ligneux (surtout des bouleaux). Une surveillance environnementale est assurée, avec la mise en place d'un réseau de 4 piézomètres. Un suivi espacé est réalisé (dernière campagne: contrôle analytique en octobre 2008). Au cours du temps, on a constaté que la contamination des eaux souterraines restait faible et tendait à disparaître. Même si quelques composés sont présents en concentrations élevées dont le fer, l'azote Kjeldhal et les nitrates. Concernant les eaux de surface, sur base des analyses, on peut considérer que l'impact du dépotoir sur ce récepteur est nul (SPAQuE, 2008; 2009).

### V.1.2. Aquifère des calcaires du Dévonien (Frasnien)

Les eaux logées dans les calcaires du Frasnien présentent le même faciès hydrochimique que celles de l'aquifère des calcaires carbonifères. Ainsi, il s'agit d'une eau bicarbonatée calcique magnésienne. Cette eau dure présente un taux d'alcalinité élevée et un pH légèrement basique (tableau V.3).

**Tableau V.3: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Dévonien (Frasnien)**

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Bossière G1 Carrière souterraine	Villeret Carrière souterraine	Lemmens Carrière souterraine	Calcaires du bord Nord du bassin de la Meuse
		Code de l'Eau	03/10/2012	30/11/2010	30/11/2010	1994-2000
pH		6,5 à 9,5	7,31	7,28	7,22	7,3
Conductivité (K20)	µS/cm	2100	833	808	801	699
Dureté totale (TH)	°F	67,5	46,6	46,8	45,7	39,2
Alcalinité totale (TAC)	°F	-	33,4	33,6	33,8	-
Calcium	mg/l	270*	154,9	146	149	125,4
Magnésium	mg/l	50*	19,1	25	20,6	18,8
Sodium	mg/l	150	30	15,9	18	12,7
Potassium	mg/l	12	1,9	1,8	1,9	2,7
Bicarbonates	mg/l	-	-	-	-	353,7
Strontium	µg/l	750**	316,9	267	277	251
Fer total dissous	µg/l	200*	<12	<5	<5	391
Manganèse	µg/l	50*	0,2	<0,5	<0,5	62
Sulfates	mg/l	250*	70,9	91	87,7	83,5
Chlorures	mg/l	200	66,5	36,8	34,4	31,9
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	0,1	0,104	0,1	0,27
Nitrates	mg/l	50	24,7	26,1	26,4	10,1
Nitrites	mg/l	0,1	<0,04	<0,03	<0,03	<0,02
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,02	<0,05	<0,05	0,03
Silice (SiO <sub>2</sub> )	mg/l	-	13,5	11,6	11	13,9
* norme de potabilité à défaut de valeur-guide ** selon la Directive européenne						SPW-DGO3, 2013

A Bossière (Gembloux), d'anciennes sablières ont été remblayées par des déchets divers (ménagers, industriels, hospitaliers, inertes, cendres) de 1981 à 1997. Plusieurs décharges sont identifiées: Décharges des Isnes avec Totte et Rincharde et, BEPN nord et sud (Nr1707-01) et



Campagne de Raidi ou Décharge Solvay (Nr1702-01)(SPAQuE, 2006; 2007; 2009; 2010). Ces dépôts sont situés en amont de la zone de captage 'Bossières' de la SWDE. Des habitations se trouvent à proximité du site. Dès lors, il est important d'effectuer une surveillance environnementale du site pour prévenir une éventuelle contamination du captage par les eaux issues des décharges. Des nombreuses investigations ont été menées dans cette zone permettant de mieux décrire le contexte hydrogéologique (voir [chapitre IV.2.1](#)). Un monitoring continu est assuré via un réseau de piézomètres ceinturant les décharges et un piézomètre de contrôle situé entre la décharge et le captage. Les conclusions du bilan environnemental de 2009 sont les suivantes (SPAQuE, 2009):

*Depuis le début de la surveillance environnementale, que ce soit en période d'étiage ou en période de hautes eaux, on observait dans les eaux souterraines des dépassements importants des normes de comparaison pour les composés minéraux ainsi que la présence de composés organiques également mis en évidence dans les déchets. On a, en outre, observé en septembre 2000, la présence anormale (car hydrogéologiquement difficilement explicable) de composés organiques également caractéristiques des déchets dans le piézomètre SP2 (village) mais à très faible concentration (quelques µg/l).*

*Depuis la finalisation des travaux de réhabilitation et l'installation de la station d'épuration, l'atteinte aux eaux souterraines reste malgré tout significative. Elle est généralement caractérisée par des dépassements de normes importants pour le manganèse, le fer et l'azote Kjeldahl et, dans une moindre mesure, pour le sodium, le potassium, le bore, le nickel et l'arsenic. Notons que pour ces deux derniers composés, le dépassement de normes lors de ces dernières campagnes n'est pas dû à une augmentation des concentrations mais à une diminution de la valeur normative en vigueur depuis 2004. En 2009, des dépassements de normes de comparaison ont, en outre, été observés pour le thallium et le magnésium.*

*On observe temporairement des traces de composés organiques, comme du toluène, du benzène et certains composés organochlorés volatils. La présence d'AOX est, quant à elle, constatée lors de chaque campagne. Les teneurs en composés « exotiques » détectés par screening étaient en régression en 2002 et 2003. Une présence plus marquée de ceux-ci se marque cependant depuis 2004.*

*Le piézomètre de la SWDE (piézomètre de surveillance de la zone de protection du captage de Bossières) ne présente en général aucune contamination. Toutefois, en 2008, un léger dépassement de norme de comparaison pour le manganèse et la présence d'acide hexadécanoïque, d'acide octadécanoïque et de Bis (2-ethylhexyl) phtalate y ont été mis en évidence. En 2009, des dépassements de normes pour le manganèse et le potassium ainsi que la présence de benzène ont, cette fois, été identifiés.*

*En octobre 2003, des traces de dichlorométhane avaient été observées au niveau de cet ouvrage. Etant donné que ce composé avait déjà été détecté dans les eaux souterraines, juste en aval de la partie "Totte", deux contrôles ont été réalisés ; ceux-ci se sont avérés négatifs.*

### V.1.3. Autres unités hydrogéologiques

Le profil géochimique des eaux présentées dans le tableau IV.4 diffère des eaux issues des formations calcaires. Ainsi les eaux issues du socle houiller se distinguent par un pH acide. Les eaux du socle cambro-silurien semblent moins minéralisées. Les eaux de ces deux unités hydrogéologiques présentent des teneurs importantes en fer et en manganèse, nettement supérieures aux normes-guides. Un traitement adéquat (oxydation et/ou filtration sur sable) sera généralement requis avec la mise en réseau pour la distribution publique d'eau potable. Les eaux issues des terrains du Houiller ont également des concentrations en sulfates non négligeables. Ces valeurs élevées sont liées au contexte géologique et témoignent d'eau captée dans les aquifères profonds. Les eaux de l'aquifère des sables bruxelliens présentent un faciès bicarbonaté calcique, avec une minéralisation et une dureté moyenne. Les teneurs en nitrates sont à surveiller.

**Tableau V.4: Caractéristiques hydrochimiques des eaux logées dans les sables de l'Eocène (Bruxellien), dans les terrains houillers et dans le socle cambro-silurien du Massif du Brabant**

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Sables bruxelliens	Houiller Ferme des Fosses (Petites Tombales),PF		Cambro-silurien Beaufeaux - La Bruyère, PF	Socle cambro-silurien du Massif du Brabant
				08/02/2012	04/02/2013		
		Code de l'Eau	1994-2000	08/02/2012	04/02/2013	08/02/2012	1994-2000
pH		6,5 à 9,5	7	6,88	6,78	7,5	7,2
Conductivité (K20)	µS/cm	2100	722	719	601	577	627
Dureté totale (TH)	°F	67,5	38,1	45,1	-	26,2	30,2
Alcalinité totale (TAC)	°F	-	-	19,2	-	23,2	-
Calcium	mg/l	270*	131,4	146	-	87	101,5
Magnésium	mg/l	50*	10,5	21	-	10,9	13,7
Sodium	mg/l	150	14,9	8,6	-	39	16,4
Potassium	mg/l	12	1,94	1,7	-	1,7	2,51
Bicarbonates	mg/l	-	268,8	-	-	-	212,6
Strontium	µg/l	750**	353	406	338	341	254
Fer total dissous	µg/l	200*	10	6790	9080	1130	647
Manganèse	µg/l	50*	3	574	130	121	402
Sulfates	mg/l	250*	77,5	259	-	76	87,6
Chlorures	mg/l	200	47,2	19	-	28	45,3
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	0,1	0,13	0,2	0,16	0,11
Nitrates	mg/l	50	40,3	1,9	-	<0,1	15,9
Nitrites	mg/l	0,1	<0,02	<0,02	-	<0,02	0,02
Ammonium	mg/l	0,5*	0,01	<0,02	-	0,13	0,03
Silice (SiO <sub>2</sub> )	mg/l	-	26	16	14	16	13,6
* norme de potabilité à défaut de valeur-guide			SPW-DGO3,				SPW-DGO3, 2013
** selon la Directive européenne			2013				

## V.2. PROBLEMATIQUE DES NITRATES

Pour protéger les eaux contre la pollution par les nitrates, plusieurs "zones vulnérables" ont été désignées par arrêtés ministériels (figure V.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](http://www.nitrawal.be).

Le territoire couvert par la carte Fleurus-Spy est entièrement inclus dans l'une des zones vulnérables aux nitrates définies par le gouvernement wallon. Une petite partie au nord de la carte appartient à la zone vulnérable des sables bruxelliens (AGW 28/07/1994). Cependant, la majorité de la superficie de la carte appartient à la zone vulnérable du Nord du sillon "Sambre & Meuse" (AGW 22/12/2006).

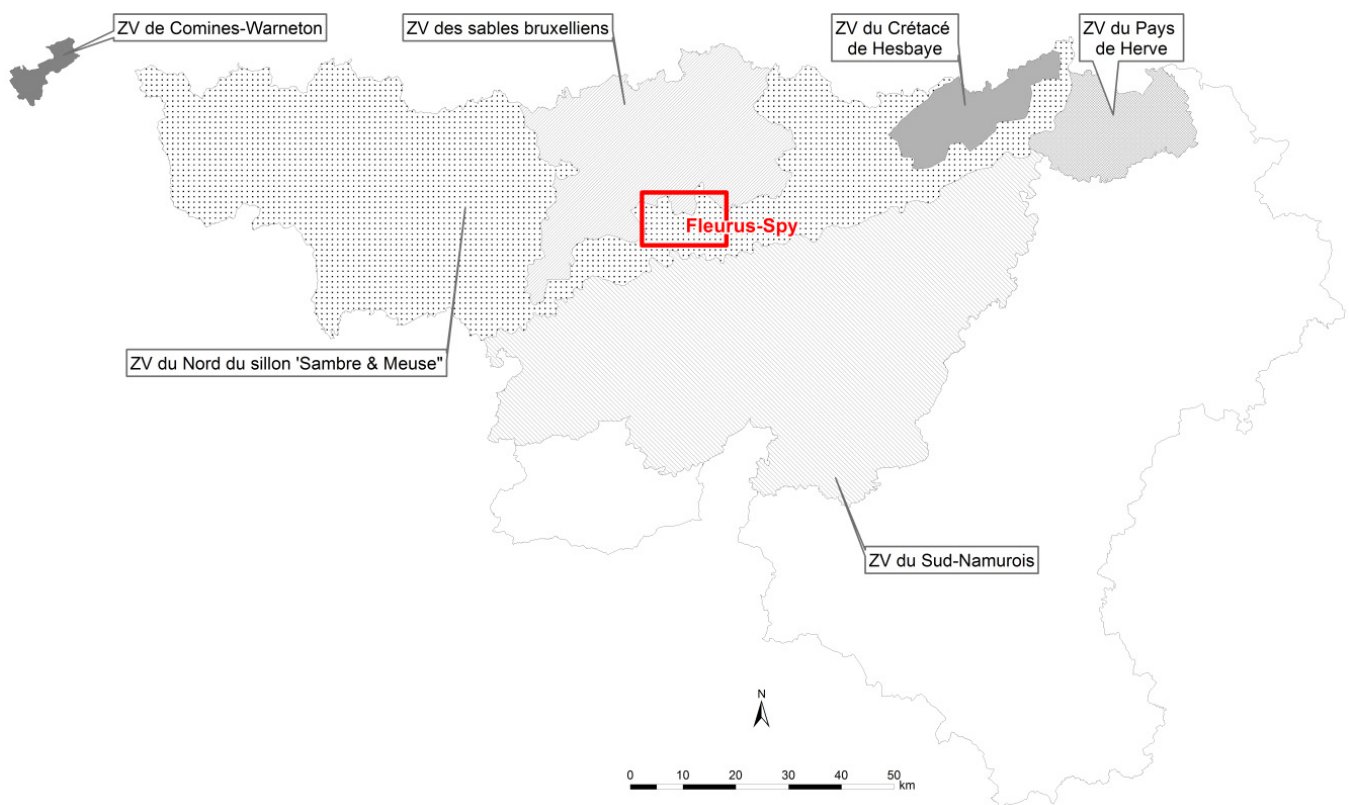


Figure V.2: Zones vulnérables aux nitrates - Fleurus-Spy

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 Fleurus-Spy. La teneur maximale admise en Wallonie est 50 mg NO<sub>3</sub>/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.

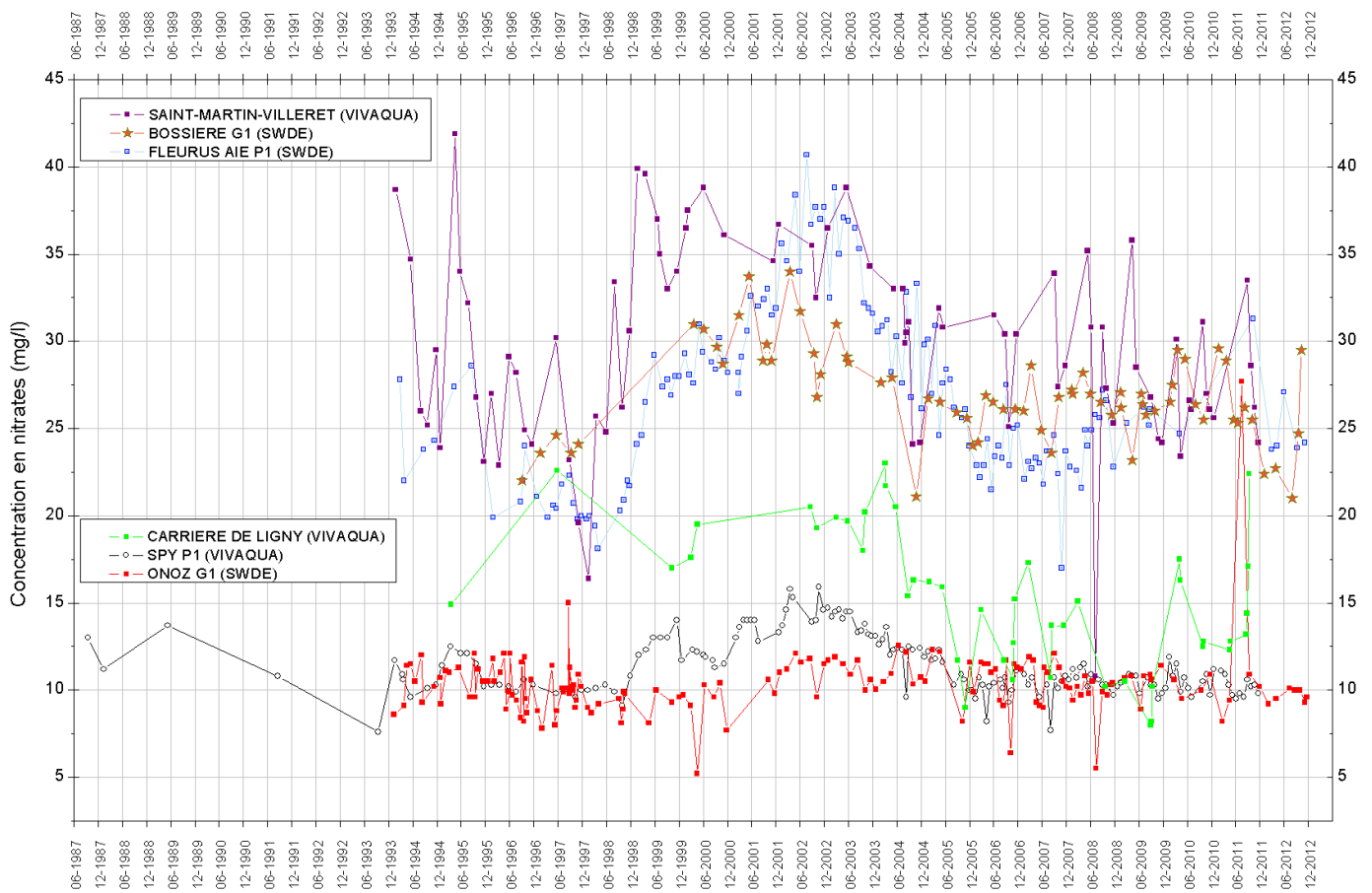


Figure V.3: Evolution des concentrations en nitrates dans les eaux captées sur la carte Fleurus-Spy

### V.3. QUALITE BACTERIOLOGIQUE

Les paramètres microbiologiques des eaux destinées à la distribution publique sont régulièrement mesurés par les compagnies d'eau. Ainsi, la qualité microbiologique des eaux est mesurée à partir de la présence de bactéries indicatrices de contamination fécale telles que les entérocoques, E. Coli ou les coliformes). D'après les données disponibles, les eaux souterraines de ces prises d'eau présentent une bonne qualité microbiologique. Sur la carte Fleurus-Spy, ces captages prélevant les eaux logées dans les aquifères calcaires, seules ces unités hydrogéologiques sont caractérisées. Les tableaux V.5 a & b présentent, à titre indicatif, une analyse pour chacune de ces prises d'eau publiques. Une chloration est opérée avant la distribution de l'eau sur le réseau.

Ce type d'analyse, fréquent donc pour les prises d'eau destinées à la distribution publique, est plus rare (voire absent) pour les captages privés. Ainsi, il n'est pas possible de donner un aperçu de la qualité bactériologique des eaux logées dans toutes les unités hydrogéologiques de la carte Fleurus-Spy.

**Tableaux V.5 a & b: Paramètres microbiologiques des eaux des aquifères calcaires de Fleurus-Spy**

#### Aquifère des calcaires du Carbonifère

Paramètre		Onoz (Galerie/ Source)	Velaine P4	Spy PF	Fleurus AIE P1	Ligny (car. à ciel ouvert)
		21/11/2012	21/11/2012	24/04/2013	02/02/2010	18/10/2010
Germes totaux à 22°C	nbre / ml	3 / 160	73	8	0	40
Germes totaux à 37°C	nbre / ml	12 / 26	7	1	-	-
Coliformes totaux	nbre / 100 ml	3 / 1	0	0	0	32
Coliformes fécaux	nbre / 100 ml	-	-	-	-	-
Escherichia coli	nbre / 100 ml	0 / 0	0	0	0	1
Entérocoques fécaux	nbre / 100 ml	2 / 0	0	0	0	2
Clostridium perfringens	nbre / 100 ml	0 / 5	0	0	-	-

#### Aquifère des calcaires du Dévonien (Frasnien)

Paramètre		Bossière G (car. sout.)	St-Martin- Lemmens (car.sout.)	St-Martin- Villeret (car.sout.)
		03/10/2012	30/11/2010	30/11/2010
Germes totaux à 22°C	nbre / ml	1	4	4
Germes totaux à 37°C	nbre / ml	1	-	-
Coliformes totaux	nbre / 100 ml	0	0	4
Coliformes fécaux	nbre / 100 ml	-	-	-
Escherichia coli	nbre / 100 ml	0	0	1
Entérocoques fécaux	nbre / 100 ml	0	0	1
Clostridium perfringens	nbre / 100 ml	0	-	-

## V.4. PESTICIDES

La présence de pesticides dans les eaux potabilisables devient, au même titre que les nitrates, relativement préoccupante. Depuis plusieurs années, une centaine de pesticides sont recherchés dans les eaux souterraines destinées à la consommation humaine. Les herbicides font partie des micropolluants les plus problématiques, qu'ils soient d'usage agricole ou non agricole, dans le sens où ils impliquent des traitements de potabilisation spécifiques et parfois très coûteux (SPW-DGO3, 2013; ICEW, 2012).

La figure V.4 montre l'impact des pesticides sur la qualité des eaux souterraines wallonnes. Cette carte illustre l'indicateur 'Pesticides dans les eaux souterraines (n°91) de l'analyse des composantes de l'environnement présentée dans le rapport sur l'état de l'environnement wallon 'Les Indicateurs clés de l'Environnement Wallon 2012' (ICEW, 2012). Cet indicateur rend compte de manière simplifiée et globale de la qualité des eaux souterraines wallonnes par rapport aux pesticides. Les indices<sup>9</sup> de qualité révèlent que les aquifères de la région de Fleurus-Spy sont majoritairement classés en catégorie 'Bonne' pour l'altération 'Pesticides'.

### IMPACT DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES SUR LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

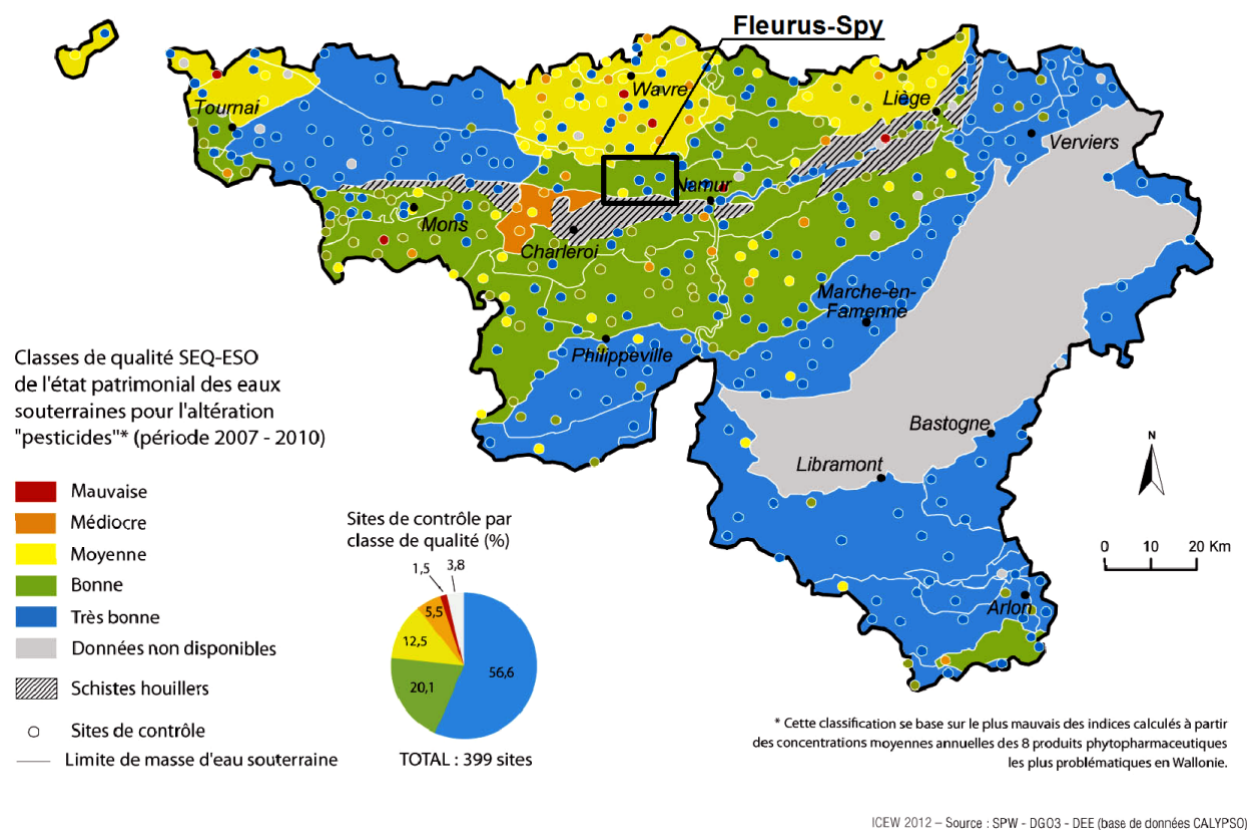


Figure V.4: Pesticides en Région wallonne (ICEW, 2012; carte 19 modifiée)

<sup>9</sup> Indice calculé à partir des concentrations moyennes annuelles en atrazine, déséthylatrazine, simazine, diuron, isoproturon, chlortoluron, bromacil, bentazone et 2,6-dichlorobenzamide (BAM)

D'après les données disponibles, à ce jour, aucune contamination marquée des eaux souterraines par les pesticides n'est observée. A l'instar des analyses microbiologiques, les analyses sur les pesticides concernent généralement exclusivement les eaux captées par les ouvrages publics et destinées à la distribution. 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 et son métabolite, le déséthyl-atrazine, la simazine, le diuron et l'isoproturon. Quelques traces de bentazone, bromacile, 2,6-dichlorobenzamide (métabolite du dichlobenil) sont localement et temporairement détectées sur certains captages. Notons que l'usage de la plupart de ces herbicides est aujourd'hui interdit. Aux tableaux V.6 a & b, sont présentés quelques résultats 'Pesticides' pour différents captages publics situés sur la carte Fleurus-Spy.

**Tableaux V.6 a & b: Principaux pesticides analysés dans les eaux souterraines– Carte Fleurus-Spy**

**Aquifère des calcaires du Carbonifère**

Pesticide	Niveau-guide	Onoz (Galerie/ Source)	Velaine P4	Spy PF	Fleurus AIE P1	Ligny (car. à ciel ouvert)
	Code de l'eau	21/11/2012	21/11/2012	02/02/2010	24/04/2013	18/10/2010
Atrazine (ng/l)	100	< 3 / < 3	< 3	< 10	< 3	< 30
Déséthyl Atrazine (ng/l)	100	< 5 / < 5	< 5	< 10	< 5	< 30
Simazine (ng/l)	100	< 3 / < 3	< 3	< 10	< 3	< 30
Diuron (ng/l)	100	< 1 / < 1	< 1	< 10	< 1	< 30
Isoproturon (ng/l)	100	< 1 / < 1	< 1	< 10	< 1	< 30
Chlortoluron (ng/l)	100	< 1 / < 1	< 1	< 10	< 1	< 30
Bromacile (ng/l)	100	< 1 / < 1	< 1	< 10	43	< 30
Bentazone (ng/l)	100	12 / 18	5	< 20	24	< 20
2,6-dichlorobenzamide (BAM) (ng/l)	200	< 2 / < 2	2	< 10	131	< 30

**Aquifère des calcaires du Dévonien (Frasnien)**

Pesticide	Niveau-guide	Bossière G (car. sout.)	St-Martin-Lemmens (car.sout.)	St-Martin –Villeret (car.sout.)
	Code de l'eau	03/10/2012	30/11/2010	30/11/2010
Atrazine (ng/l)	100	< 3	< 10	< 10
Déséthyl Atrazine (ng/l)	100	5	< 10	< 10
Simazine (ng/l)	100	< 3	< 10	< 10
Diuron (ng/l)	100	< 1	< 10	< 10
Isoproturon (ng/l)	100	< 1	< 10	< 10
Chlortoluron (ng/l)	100	< 1	< 10	< 10
Bromacile (ng/l)	100	< 1	< 10	< 10
Bentazone (ng/l)	100	22	< 20	< 20
2,6-dichlorobenzamide (BAM) (ng/l)	200	12	< 10	< 10

## V.5. AUTRES PARAMETRES

Naturellement, les eaux souterraines contiennent différents composants chimiques provenant principalement des interactions avec la roche à des concentrations plus ou moins importantes, selon la nature du substrat. Les éléments-traces métalliques (ETM) font partie de ces composés minéraux. Les niveaux de concentration de ces métaux dans les eaux souterraines résultent aussi des activités anthropiques. Les eaux souterraines sont contaminées par ces micropolluants soit par des apports ponctuels, soit via des sources diffuses.

Une étude a été menée sur les micropolluants minéraux dans le but de déterminer le bruit de fond géochimique naturel des principaux aquifères wallons. Parmi les micropolluants analysés, le bore et le zinc sont les éléments qui présentent les concentrations naturelles les plus élevées (Chalon *et al.*, 2006).

Quelques analyses 'ETM' sont disponibles pour les captages publics de la carte Fleurus-Spy. Elles sont présentées aux tableaux 7 a & b. Ces données caractérisent les eaux logées dans les aquifères calcaires du Carbonifère et du Dévonien. Aucune norme n'est dépassée.

**Tableaux V.7 a & b: Principaux éléments-traces métalliques analysés dans les eaux souterraines – Carte de Fleurus-Spy**

### Aquifère des calcaires du Carbonifère

Paramètre	Niveau-guide	Onoz (Galerie/ Source)	Velaine P4	Spy PF	Fleurus AIE P1	Ligny (car. à ciel ouvert)
	Code de l'eau	21/11/2012	21/11/2012	02/02/2010	24/04/2013	18/10/2010
Cuivre (µg/l)	100	< 0,4 / 2,1	3,1	2	1,5	< 1
Bore (µg/l)	1000	11 / 11	12	12	10	11
Zinc (µg/l)	200	11 / 15	29	20	17	2
Cadmium (µg/l)	5	< 0,05 / < 0,05	< 0,05	< 0,1	0,1	< 0,1
Chrome (µg/l)	50	< 0,15 / < 0,15	0,2	< 0,5	0,4	< 0,5
Mercure (µg/l)	1	< 0,05 / < 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,05	< 0,1
Nickel (µg/l)	20	0,3 / 0,6	10,3	< 1	0,7	< 1
Argent (µg/l)	10	< 0,5 / < 0,5	< 0,5	-	< 0,5	-
Cobalt (µg/l)	20	< 0,1 / < 0,1	< 0,1	-	< 0,1	-
Arsenic (µg/l)	10	0,2 / 0,2	0,3	< 1	0,2	< 1
Sélénium (µg/l)	10	1,8 / 1,7	2,3	1,6	1,1	1,2
Plomb (µg/l)	10	< 0,01 / 0,4	0,8	0,1	0,2	0,2
Antimoine (µg/l)	5	0,1 / 0,1	0,1	< 0,1	0,1	0,15



**Aquifère des calcaires du Dévonien (Frasnien)**

Paramètre	Niveau-guide	Bossière G (car. sout.)	St-Martin-Lemmens (car.sout.)	St-Martin –Villeret (car.sout.)
	Code de l'eau	03/10/2012	30/11/2010	30/11/2010
Cuivre (µg/l)	100	0,9	< 2	< 2
Bore (µg/l)	1000	197	30	26
Zinc (µg/l)	200	5	9	10
Cadmium (µg/l)	5	0,1	< 0,1	< 0,1
Chrome (µg/l)	50	0,8	< 2	< 2
Mercuré (µg/l)	1	< 0,05	< 0,02	< 0,02
Nickel (µg/l)	20	1,4	< 2	< 2
Argent (µg/l)	10	< 0,5	-	-
Cobalt (µg/l)	20	0,1	-	-
Arsenic (µg/l)	10	0,2	< 1	< 1
Sélénium (µg/l)	10	0,7	< 1	< 1
Plomb (µg/l)	10	0,2	0,1	0,1
Antimoine (µg/l)	5	0,1	< 0,1	< 0,1

## VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES

Les données présentées dans ce chapitre ne concernent que les prises d'eau situées en Wallonie. Elles 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 m<sup>3</sup>/an). Les puits des particuliers et des agriculteurs ne sont pas tous pourvus d'un compteur. Les données concernant le territoire flamand de la carte sont relatives aux volumes autorisés.

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 privé<sup>10</sup> (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

Sur la carte Fleurus-Spy, les eaux logées dans les calcaires du Dévonien et du Carbonifère sont largement exploitées par les sociétés de distribution publique d'eau, à savoir la SWDE et VIVAQUA. La Société Wallonne des Eaux possède plusieurs sites de captage et dessert la population des communes situées sur ou à proximité de la carte étudiée. Quelques localités situées dans le coin nord-ouest de la carte sont desservies par l'IECBW. Les eaux prélevées par VIVAQUA au droit de quatre sites de captage sont envoyées vers la région bruxelloise pour y alimenter sa population en eau potable.

Les autres unités hydrogéologiques présentes ne sont pas exploitées par les sociétés de distribution publique d'eau potable sur le territoire de la carte Fleurus-Spy.

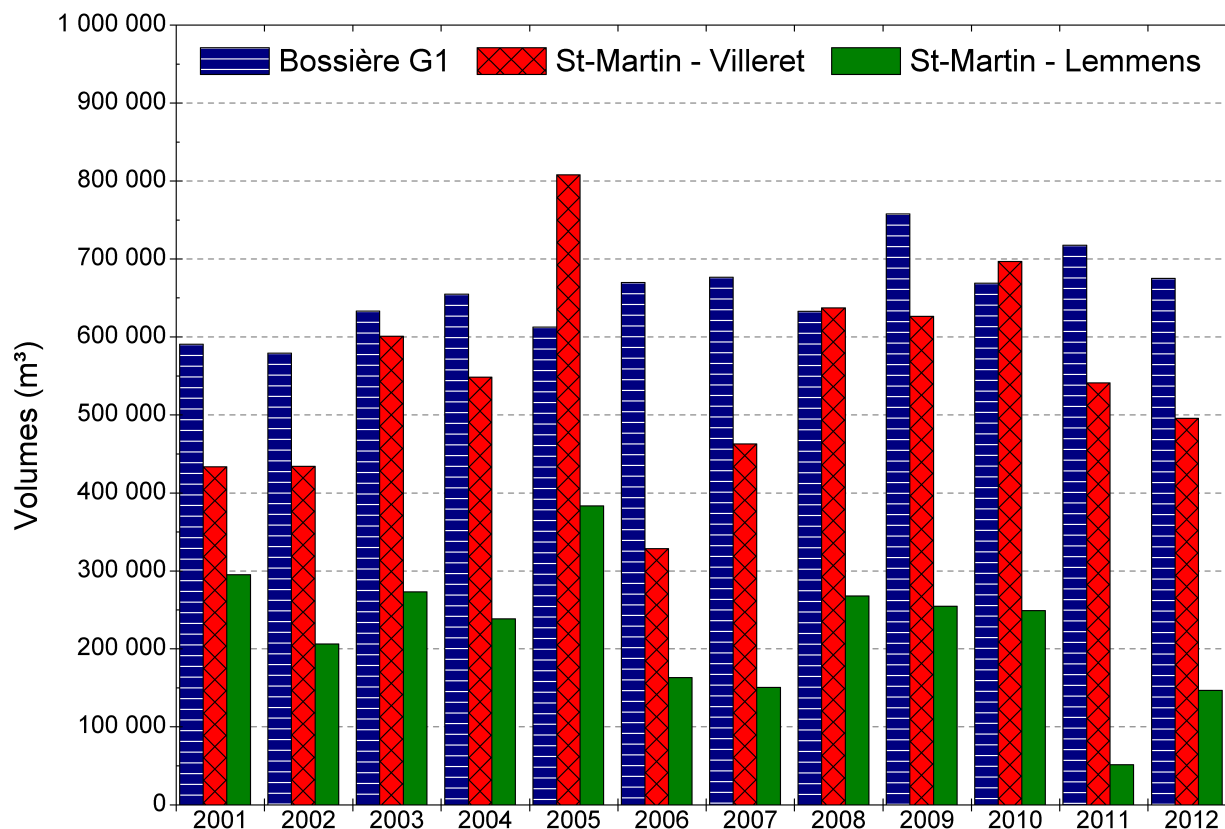
Trois sites de prises d'eau publiques exploitent *l'aquifère des calcaires du Dévonien*, plus précisément l'aquifère des calcaires frasniens (figure VI.1):

- Bossière (SWDE), galerie captante à partir d'une carrière souterraine, toujours active de Marbre noir de Golzinne aux Isnes. Le volume d'eau extrait pour la distribution d'eau potable est de l'ordre de 655 700 m<sup>3</sup>/an, soit environ 1800 m<sup>3</sup>/jour (moyenne établie sur la période 2001-2012).
- St-Martin-Villeret (VIVAQUA). Ce captage dans une ancienne carrière de "marbre" noir, noyée, est en service depuis 1942. Il est utilisé selon les besoins de demande en eau. En

<sup>10</sup> 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.

moyenne, le volume prélevé annuellement est d'environ 551 200 m<sup>3</sup>, soit environ 1510 m<sup>3</sup>/jour (moyenne établie sur la période 2001-2012).

- St-Martin-Lemmens (VIVAQUA). Comme la prise d'eau Villeret, il s'agit d'une ancienne carrière souterraine. Cet ouvrage est aussi un captage de réserve. Les prélèvements pour la distribution d'eau potable ont débuté en 1936. Les volumes pompés sont de l'ordre de 223 400 m<sup>3</sup>/an, soit environ 610 m<sup>3</sup>/jour (moyenne établie sur la période 2001-2012).



**Figure VI.1: Volumes d'eau prélevés pour la distribution publique d'eau potable dans l'aquifère des calcaires frasnien (Dévonien). Carte Fleurus-Spy**

L'aquifère des calcaires du Carbonifère est exploité par plusieurs prises d'eau appartenant tant à VIVAQUA qu'à la SWDE (figure VI.2):

- Spy (VIVAQUA). Ce puits foré est en service depuis 1970. Annuellement, ce sont environ 1 267 100 m<sup>3</sup> d'eau qui y sont pompés, soit environ 3450 m<sup>3</sup>/jour (moyenne établie sur la période 2001-2012).
- Ligny (VIVAQUA). Cette prise d'eau, dans une ancienne carrière à ciel ouvert de "Petit Granit", est mise en réserve. Elle est utilisée en fonction de la demande, généralement deux à trois fois par an et sur de courtes périodes (données fournies par VIVAQUA). Sur toute une année, le volume prélevé moyen est de l'ordre de 420 000 m<sup>3</sup>, pouvant varier entre 110 000 et 1 061 000 m<sup>3</sup>/an (données de la période 2001-2012).
- Onoz (SWDE). Annuellement, le volume total prélevé sur ce site de captage est 1 767 700 m<sup>3</sup>, soit environ 4850 m<sup>3</sup>/jour (moyenne établie sur la période 2001-2012). La

répartition des volumes entre la galerie drainante et la source à l'émergence est approximativement 30-70% (données SWDE).

- Fleurus AIE (SWDE). Deux puits forés composent ce site de captage: AIE P1 et AIE P2. Les volumes pompés sont, respectivement, de l'ordre de 150 000 m<sup>3</sup>/an ( $\approx$  410 m<sup>3</sup>/jour) et 163 000 m<sup>3</sup>/an ( $\approx$  450 m<sup>3</sup>/jour)(moyennes établies sur la période 2001-2012).
- Velaine (SWDE). Ce site de captage compte plusieurs puits forés. Seul le puits P4 est exploité. Le volume pompé est d'environ 378 000 m<sup>3</sup>/an, soit environ 1035 m<sup>3</sup>/jour (moyenne établie sur la période 2007-2012).

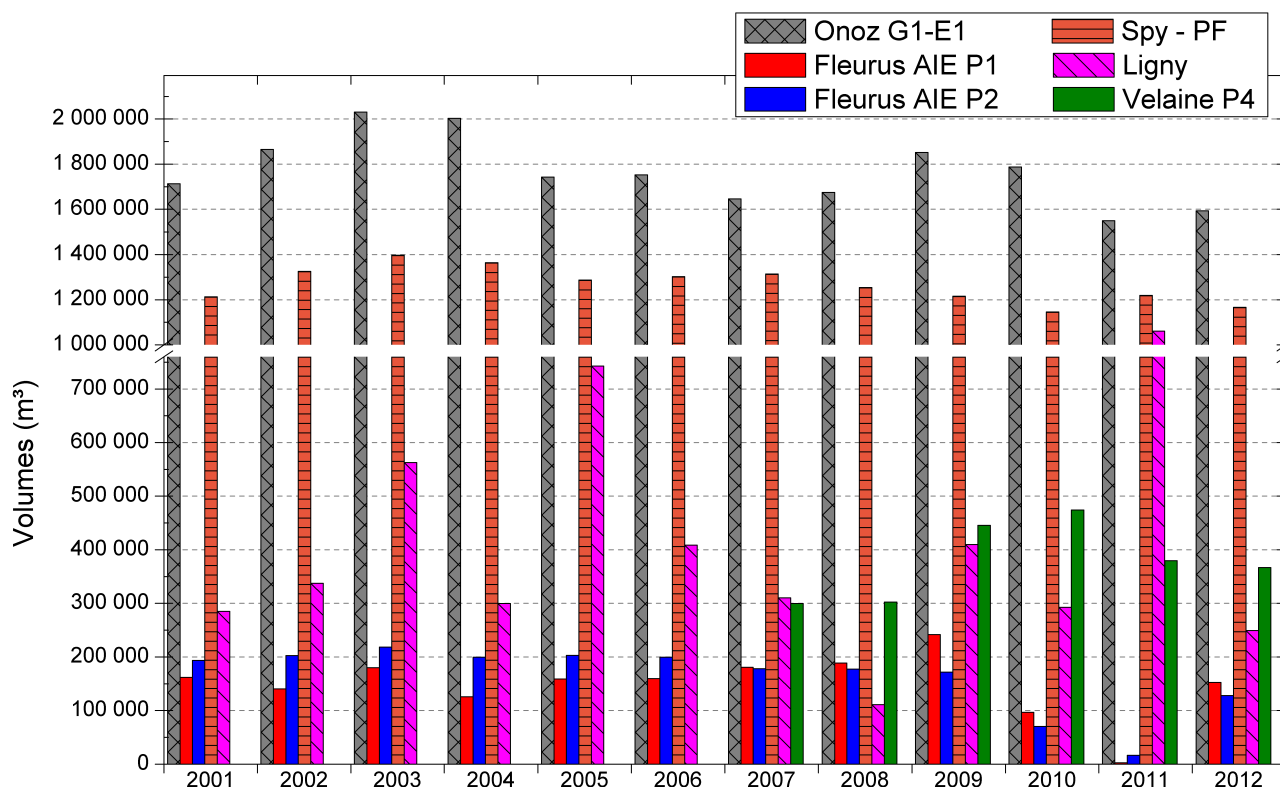


Figure VI.2: Volumes prélevés pour la distribution publique d'eau potable dans l'aquifère des calcaires du Carbonifère. Carte Fleurus-Spy

### Autres prélèvements (carrières, industries, agriculteurs, particuliers)

Un grand nombre de captages privés est enregistré sur la carte Fleurus-Spy, sollicitant la plupart 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 m<sup>3</sup> à 4000 m<sup>3</sup> par an. Plus de la moitié des captages privés de la carte étudiée prélèvent entre 1 et 1000 m<sup>3</sup> par an. Il s'agit essentiellement de prises d'eau de particuliers et d'agriculteurs.

Des volumes plus importants sont prélevés par quelques industries et sociétés de service, quelques grosses exploitations agricoles ou encore quelques carrières. L'exhaure de la carrière de de Marbre noir de Golzinne (où se trouve également le captage SWDE de Bossière) est de l'ordre de 150 000 m<sup>3</sup>/an, soit environ 415 m<sup>3</sup>/jour (moyenne établie sur la période 2001-2011). A Mazy, l'exhaure de la marbrerie est nettement plus faible, environ 1500 m<sup>3</sup>/an.

Quelques exploitations agricoles prélèvent dans les aquifères des volumes relativement importants. D'après les données disponibles, le volume moyen prélevé (par exploitation) est compris entre 5800 et 7400 m<sup>3</sup>/an. Cette moyenne cache des différences non négligeables d'une année à l'autre, entre 2500 et 10 000 m<sup>3</sup>/an.

## VII. PARAMETRES D'ÉCOULEMENT ET DE TRANSPORT

Toutes les unités hydrogéologiques présentes sur la carte Fleurus-Spy 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. Ainsi seuls les aquifères calcaires du Carbonifère et du Dévonien (Frasnien) sont abordés dans ce chapitre (figure VII.1).

Il est important de noter que les valeurs des paramètres d'écoulement et de transport calculés sont spécifiques à chaque site étudié et ne peuvent être extrapolés à l'ensemble de l'aquifère, surtout dans le cas d'aquifères fissurés et karstifiés.

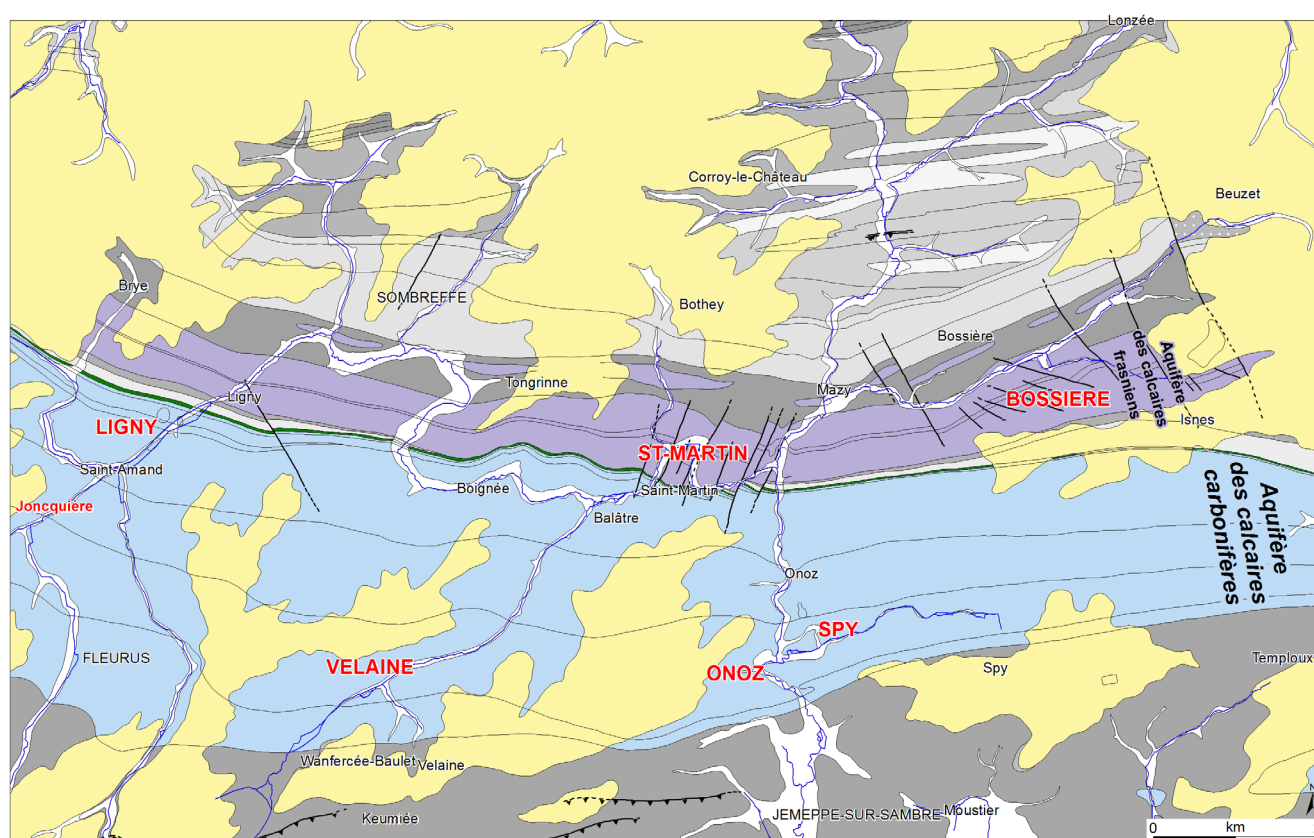


Figure VII.1: Localisation des sites avec des tests de pompage et/ou traçage sur la carte Fleurus-Spy

## VII.1. AQUIFERE DES CALCAIRES DU CARBONIFERE

Les sites de captage (appartenant à la SWDE ou VIVAQUA), implantés dans les calcaires carbonifères sur la carte de Fleurus-Spy, ont fait l'objet d'études hydrogéologiques. Des essais de pompage suivis, parfois, de tests de traçage ont été menés sur les puits de reconnaissance et les piézomètres de ces sites (figure VII.1).

- Spy

Des essais de pompage et de traçage ont été réalisés sur le site de captage de Spy (VIVAQUA), situé dans la vallée du Chauffour (affluent de rive gauche de l'Orneau)(figure VII.2). Les paramètres hydrodynamiques ont été déterminés au droit du puits P-Spy et des piézomètres avoisinants (VIVAQUA, 2005).

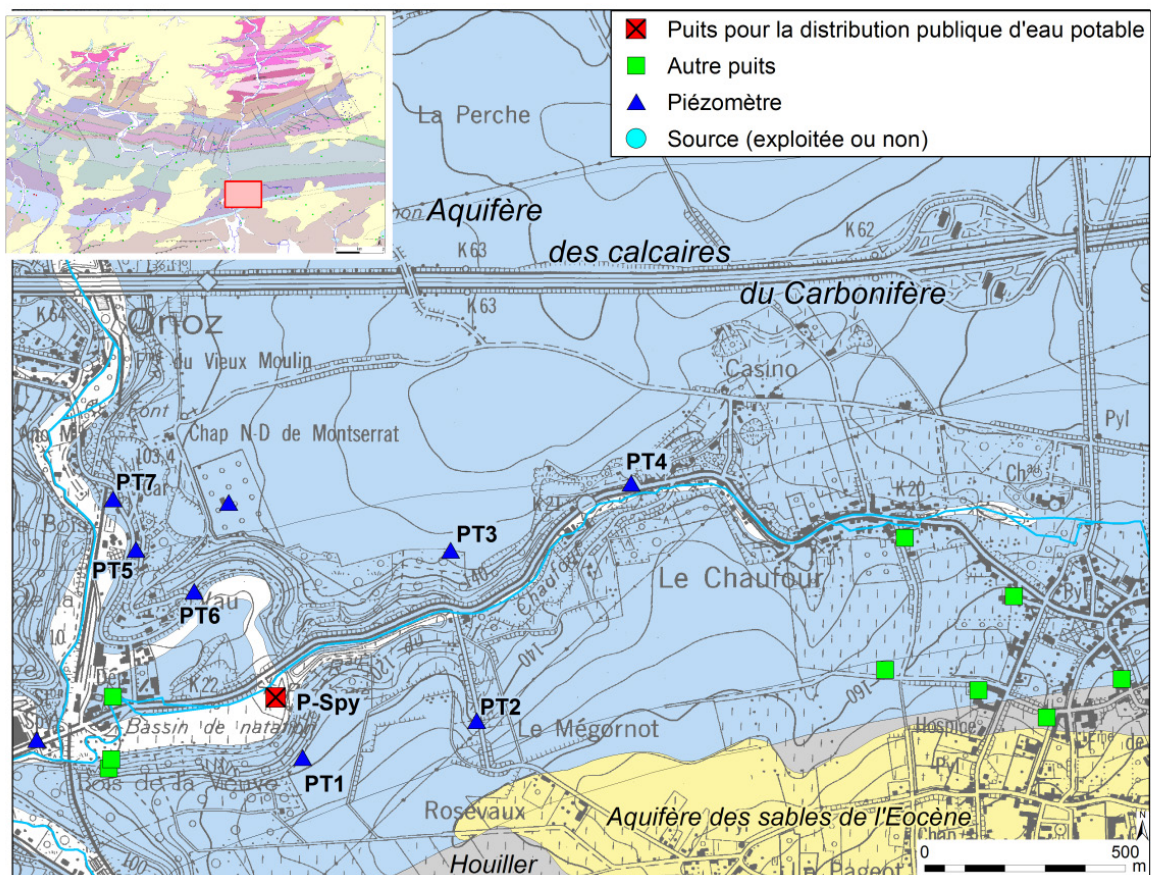


Figure VII.2: Site de Spy (VIVAQUA)- Tests de pompage et de traçage

L'essai a consisté en 9 jours d'arrêt de pompage suivi d'une reprise en débit normal ( $\approx 150 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Les niveaux piézométriques ont été suivis dans le puits et les puits-témoins (PT). Les courbes de remontée ont été analysées selon la méthode de Theis-Jacob. Les transmissivités déduites sont présentées au tableau VII.1, avec les conductivités hydrauliques moyennes. A défaut de connaître l'épaisseur saturée de l'aquifère, c'est la hauteur d'eau dans les piézomètres lorsque le puits était à l'arrêt qui a été utilisée par les auteurs de l'étude.



**Tableau VII.1: Valeurs des paramètres K et T au droit du site de captage de Spy (VIVAQUA, 2005)**

Nom de l'ouvrage	Epaisseur d'aquifère considérée (m)	Transmissivité T (m <sup>2</sup> /s)	Conductivité hydraulique moyenne K (m/s)
P-Spy	45,4	$1,25 \times 10^{-2}$	$2,17 \times 10^{-4}$
		$7,22 \times 10^{-3}$	
PT1	39,87	$8,63 \times 10^{-2}$	$1,86 \times 10^{-4}$
		$6,29 \times 10^{-3}$	
PT2	41,97	$5,85 \times 10^{-3}$	$1,16 \times 10^{-4}$
		$3,9 \times 10^{-3}$	
PT3	35,3	$1,77 \times 10^{-2}$	$3,88 \times 10^{-4}$
		$9,63 \times 10^{-3}$	
PT4	57,51	$3,51 \times 10^{-2}$	$4,78 \times 10^{-4}$
		$1,98 \times 10^{-2}$	
PT6	4,02	$7,56 \times 10^{-3}$	$1,88 \times 10^{-4}$
PT7	12,57	$4 \times 10^{-2}$	$3,18 \times 10^{-3}$

En mars 2005, une campagne de traçage a eu lieu (VIVAQUA, 2005). Cinq traceurs ont été injectés (figure VII.1). Un échantillonneur automatique a été placé au P-Spy. Quelques prélèvements manuels ont été effectués dans le Chauffour et dans l'Orneau. Après analyse des échantillons, aucune restitution (à tout le moins inférieure aux limites de détection) des traceurs injectés aux PT 2, PT 3 et PT 6 n'a été observée au captage P-Spy. Des concentrations minimales et sporadiques de lithium (injecté au PT 1) et de naphthionate (injecté au PT 4) y ont été détectées, respectivement, 4 jours et 15 jours après l'injection. Dans le Chauffour, le lithium (PT 1) a été retrouvé en quantité relativement importante et continue. Cependant, l'origine de sa présence semble due à un phénomène extérieur à la campagne de traçage étant donné son apparition immédiate dans le ruisseau (VIVAQUA, 2005). Les autres traceurs n'ont pas été observés (ou en traces infimes) tant dans le Chauffour que dans l'Orneau. Étant donné ces restitutions nulles ou minimales des traceurs, des échantillons ont été prélevés en mai 2005 dans les piézomètres. Leur analyse se révéla nulle. Vu ces résultats, aucun paramètre de transport n'a été déterminé. Cependant, cette absence de restitution des traceurs et de récupération dans les piézomètres conduit à supposer que la compréhension locale des écoulements dans ce milieu calcaire est loin d'être cernée; il se peut notamment que l'écoulement des eaux souterraines soit davantage nord-sud que NE-SW.

- *Onoz*

Le site de captage d'Onoz (SWDE) est composé de deux ouvrages de production, une source à l'émergence et une galerie drainante. Plusieurs forages (Pz et PR) ont été exécutés (figure VII.3). Des essais de pompage et des tests de traçage y ont été menés (LGIH, 2003; Piront, 2005; GEOMAC, 2005; comm.pers. de la SWDE, 2000). En général, l'effet des pompages n'a pas été ressenti au niveau des piézomètres avoisinants. Les conductivités hydrauliques varient globalement entre  $5 \times 10^{-5}$  et  $2 \times 10^{-3}$  m/s. Excepté pour le Pz4, la conductivité hydraulique K diminue avec l'augmentation du débit. Cette diminution est due soit à des pertes de charges, soit à une diminution de la perméabilité en profondeur. Au droit de Pz4, on remarque une faible variation de conductivité hydraulique avec, pourtant, une forte augmentation du débit de pompage (7 à 15 m<sup>3</sup>/h). Les courbes caractéristiques sont typiques d'une nappe libre.



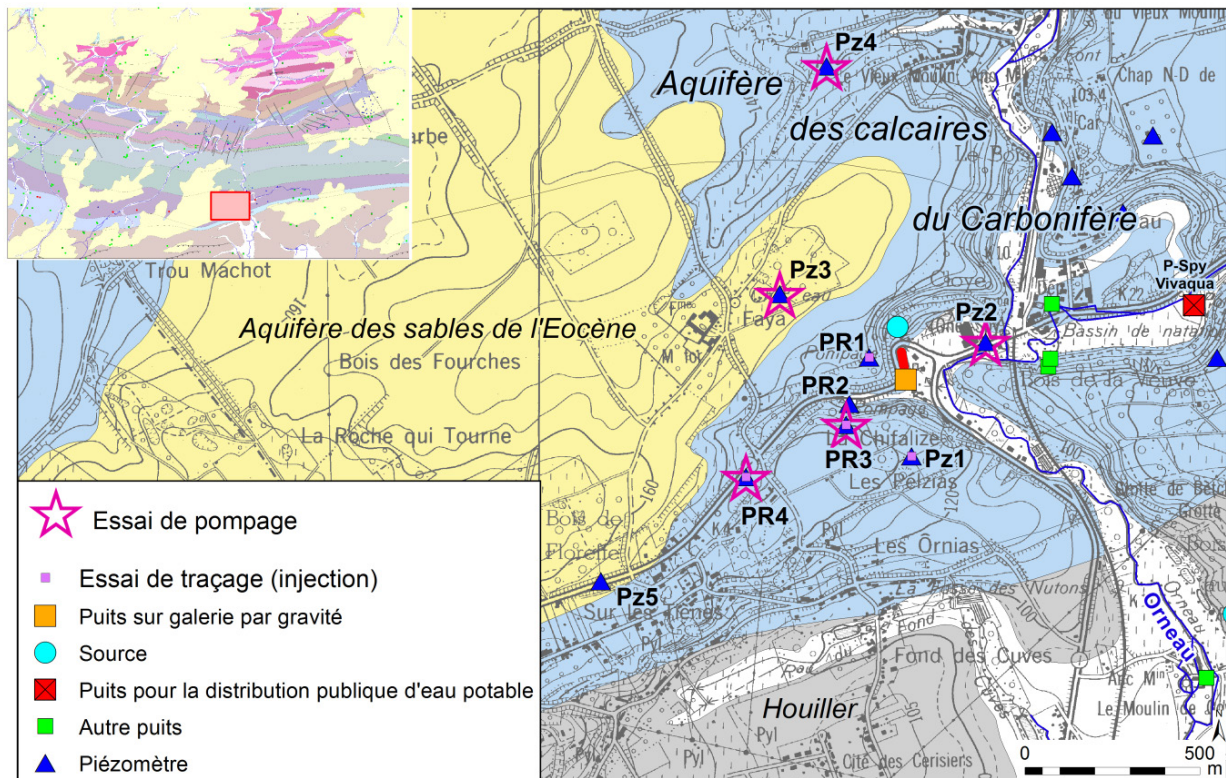


Figure VII.3: Site d'Onoz (SWDE)- Tests de pompage et de traçage

Deux campagnes de traçage ont été menées sur ce site, en novembre 2001-mars 2002 et en juin 2005. Seule la seconde (2005) sera abordée par la suite. La première campagne a donné des résultats peu convaincants et non significatifs. Trois traceurs fluorescents ont été injectés (Pz3, PR1, PR4). Tant la galerie que la source ont été équipées d'un échantillonneur automatique. La restitution est extrêmement faible (à nulle pour deux des trois injections, sur la période d'échantillonnage). En effet, seule la fluorescéine, injectée au Pz3, est arrivée (1<sup>ère</sup> arrivée 16 jours après injection). Après 134 jours, seul 0,76 % de la masse injectée est restituée. En raison de ces résultats, aucun paramètre de transport (porosité, dispersivité...) n'a pu être déterminé. Cette arrivée tardive semble en contradiction avec les zones fissurées repérées par la prospection géophysique.

- *Velaine*

Plusieurs forages de la SWDE sont implantés à Velaine (Sambreville), dans la nappe des calcaires du Carbonifère (figure VII.4). Trois campagnes d'essais de pompage y ont été menées afin de mieux connaître les caractéristiques hydrodynamiques du site (SWDE, 1996a; 2000; 2008). Les résultats de ces tests sont résumés au tableau VII.2.

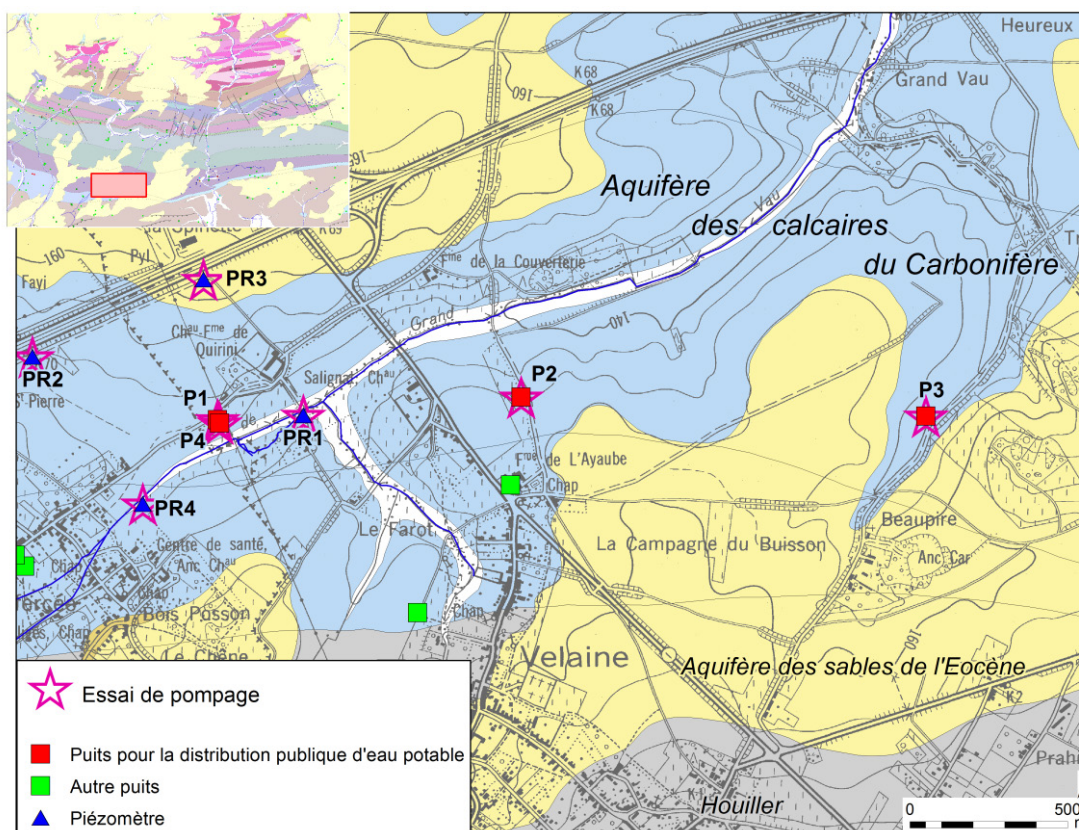


Figure VII.4: Site de Velaine (SWDE)- Tests de pompage

Tableau VII.2: Valeurs des paramètres K et T au droit du site de captage de Velaine

Nom de l'ouvrage	Epaisseur d'aquifère considérée (m)	Transmissivité T (m <sup>2</sup> /s)	Conductivité hydraulique moyenne K (m/s)
P1	55	$1,5 \times 10^{-2}$	$2,73 \times 10^{-4}$
P2	53	$1,5 \times 10^{-2}$	$2,73 \times 10^{-4}$
P3	55	$7,5 \times 10^{-3}$	$1,36 \times 10^{-4}$
P4	66	$5 \text{ à } 23 \times 10^{-3}$	$7,5 \times 10^{-5} \text{ à } 3,5 \times 10^{-4}$
PR1	66	$1 \text{ à } 1,5 \times 10^{-3}$	$1,64 \text{ à } 2,4 \times 10^{-5}$
PR2	24	$\approx 3,3 \times 10^{-3}$	$\approx 1,4 \times 10^{-3}$
PR3	40	$\approx 0,5 \text{ à } 3 \times 10^{-3}$	$1,25 \text{ à } 7,5 \times 10^{-5}$
PR4	29	$\approx 3,25 \times 10^{-3}$	$1,12 \times 10^{-4}$

- Ligny

Dans trois des quatre piézomètres implantés autour de la carrière à ciel ouvert noyée de Ligny, exploitée par VIVAQUA, divers tests ont été menés. Tous ces ouvrages sollicitent l'aquifère des calcaires carbonifères (figure VII.5). Deux types d'essais de pompage ont été effectués, par paliers enchaînés et de longue durée. La remontée a été suivie, à chaque fois, en fin de pompage ainsi que le niveau d'eau dans les autres piézomètres (où aucune influence des pompes n'a été observée). Au droit du site, la nappe est libre. Les paramètres d'écoulement calculés sont présentés pour chaque piézomètre dans le tableau VII.3. L'épaisseur d'aquifère qui a été considérée pour le calcul de la conductivité hydraulique correspond à la hauteur de crépines sous le niveau de la nappe au repos (BCG, 2012).



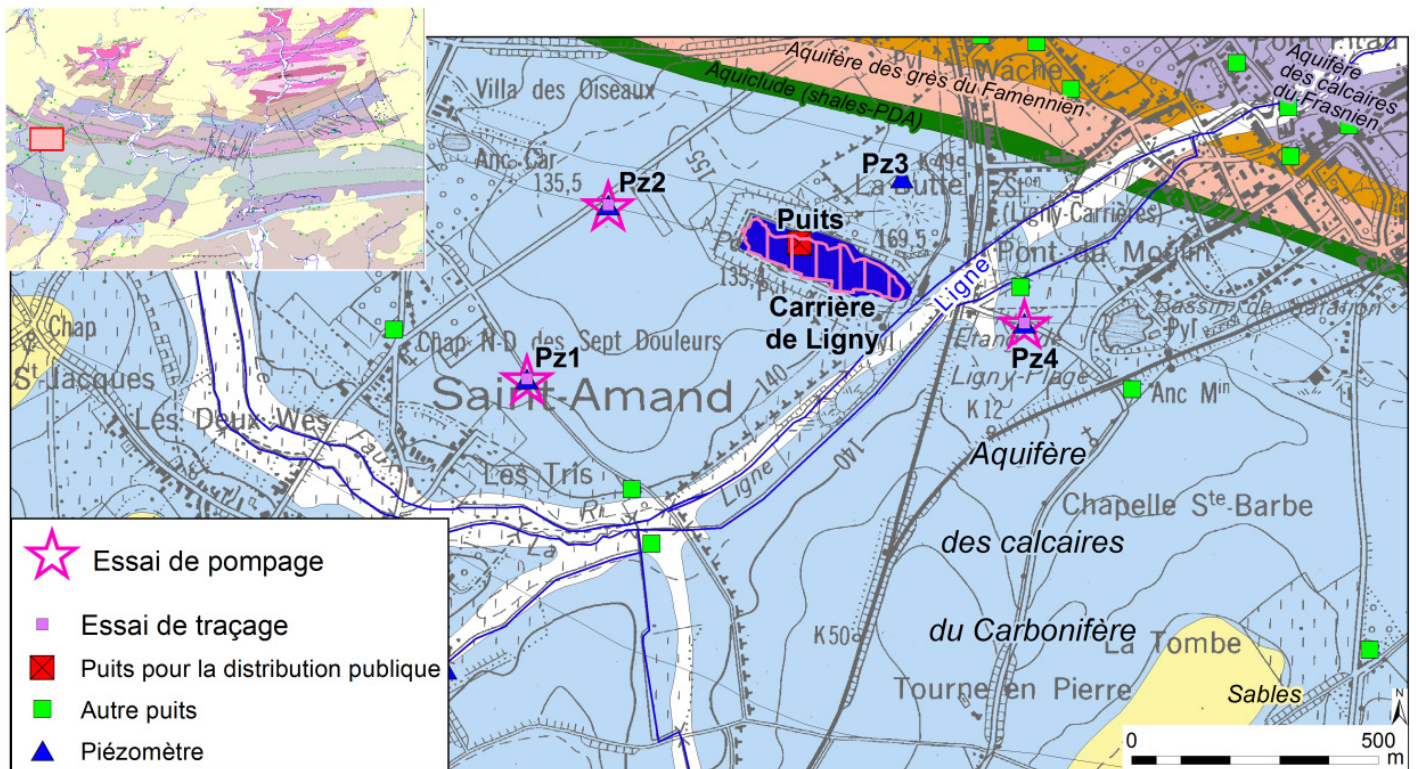


Figure VII.5: Site de Ligny (VIVAQUA) - Tests de pompage et de traçage

Tableau VII.3: Valeurs des paramètres K et T au droit du site de captage de Ligny

Nom de l'ouvrage	Epaisseur d'aquifère considérée (m)	Transmissivité T (m <sup>2</sup> /s)	Conductivité hydraulique moyenne K (m/s)
Pz1	20	$1,1 \times 10^{-2}$ à $6,63 \times 10^{-3}$	$3,32$ à $5,5 \times 10^{-4}$
Pz2	20	$2,84$ à $4,84 \times 10^{-3}$	$1,42$ à $2,42 \times 10^{-4}$
Pz4	16	$1,56 \times 10^{-2}$ à $3,02 \times 10^{-3}$	$1,89$ à $9,73 \times 10^{-4}$

En novembre 2011, une campagne de traçage a démarré (BCG, 2012). Trois traceurs fluorescents ont été injectés dans Pz1, Pz2 et Pz4. Quatre fluorimètres ont été placés dans la carrière à ciel ouvert de Ligny au droit d'importantes venues d'eau, clairement identifiées. Seule la sulforhodamine (injectée au Pz4) a été détectée à la venue d'eau de la face sud de la carrière (à proximité des pompes). Cette courbe de restitution a une allure particulière. On y observe plusieurs pics témoignant de plusieurs arrivées, aucun ne se détachant nettement. Cette restitution se prolonge durant une vingtaine de jours. La première arrivée est assez lente (>13 jours après l'injection pour une distance linéaire de 240 m). La vitesse d'advection maximale (établie sur base d'une "première arrivée" du traceur) est estimée à  $3,4 \times 10^{-4}$  m/s, pour une valeur de la dispersivité longitudinale déterminée par BCG de 10 m. Le ratio de la dispersivité transversale sur la dispersivité longitudinale a été choisi à 0,1.

- *Joncquière*

Le site de Joncquière/St-Amand se localise tant sur la carte Fleurus-Spy que sa voisine occidentale Gouy-lez-Piétons – Gosselies (figure VII.1). Dans cette zone, à côté des puits d'exploitation actuellement à l'arrêt, quelques puits de reconnaissance et piézomètres ont été forés dans les années 1990. Des essais de pompage, à différents débits et de longue durée, y avaient

été menés (SWDE, 1994; 1997). Sur la carte Fleurus-Spy, cela concerne uniquement le P1-Joncquière et le PR4-Joncquière, ouvrages distants de 13 m (tableau VII.4).

**Tableau VII.4: Valeurs des paramètres K et T au droit du site du puits P1-Joncquière**

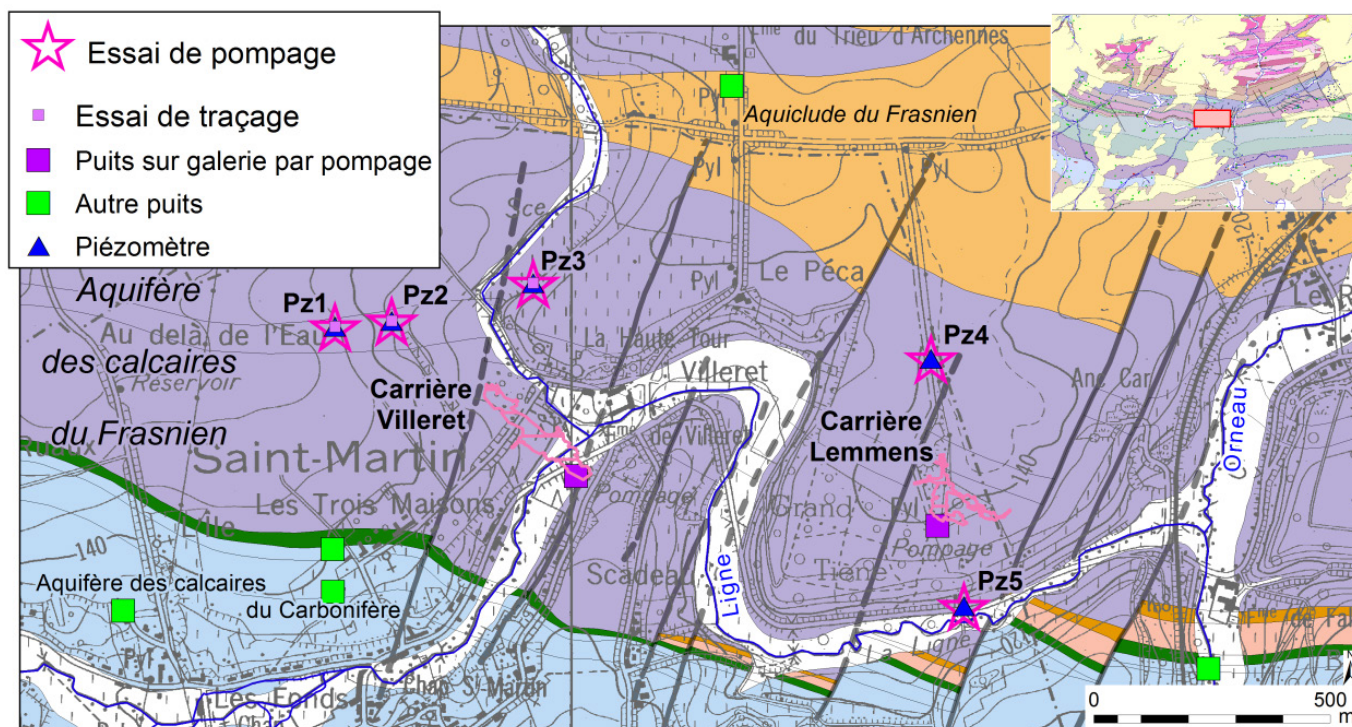
Transmissivité T (m <sup>2</sup> /s)	Epaisseur d'aquifère considérée (m)	Conductivité hydraulique moyenne K (m/s)	Coefficient d'emmagasinement
$9,05 \pm 1,95 \times 10^{-3}$	74	$1,22 \pm 0,26 \times 10^{-4}$	$2,56 \pm 0,76 \times 10^{-3}$

## VII.2. AQUIFERE DES CALCAIRES DU FRASNIEU

Sur la carte Fleurus-Spy, l'aquifère des calcaires du Frasnien a été investigué essentiellement au droit de deux sites de captage (figure VII.1).

- *Saint-Martin: Villeret et Lemmens*

Autour des carrières souterraines de Saint-Martin, cinq piézomètres ont été forés. Des essais de pompage et des tests de traçage y ont été réalisés (GEOLYS, 2011; 2012; 2013). La synthèse des résultats de l'interprétation des essais de pompage est présentée dans le tableau VII.5.



**Figure VII.6: Sites de Saint-Martin: Villeret et Lemmens (VIVAQUA) - Tests de pompage et de traçage**

**Tableau VII.5: Valeurs du paramètre K au droit des sites de Saint-Martin (Villeret & Lemmens)**

Nom de l'ouvrage	Epaisseur d'aquifère considérée (m)	Conductivité hydraulique moyenne K (m/s)
Pz1	40	$2,3 \times 10^{-4}$
Pz2	43	$2 \times 10^{-4}$
Pz3	46	$7,5 \times 10^{-6}$
Pz4	44	$4 \times 10^{-7}$
Pz5	33	$2 \times 10^{-4}$



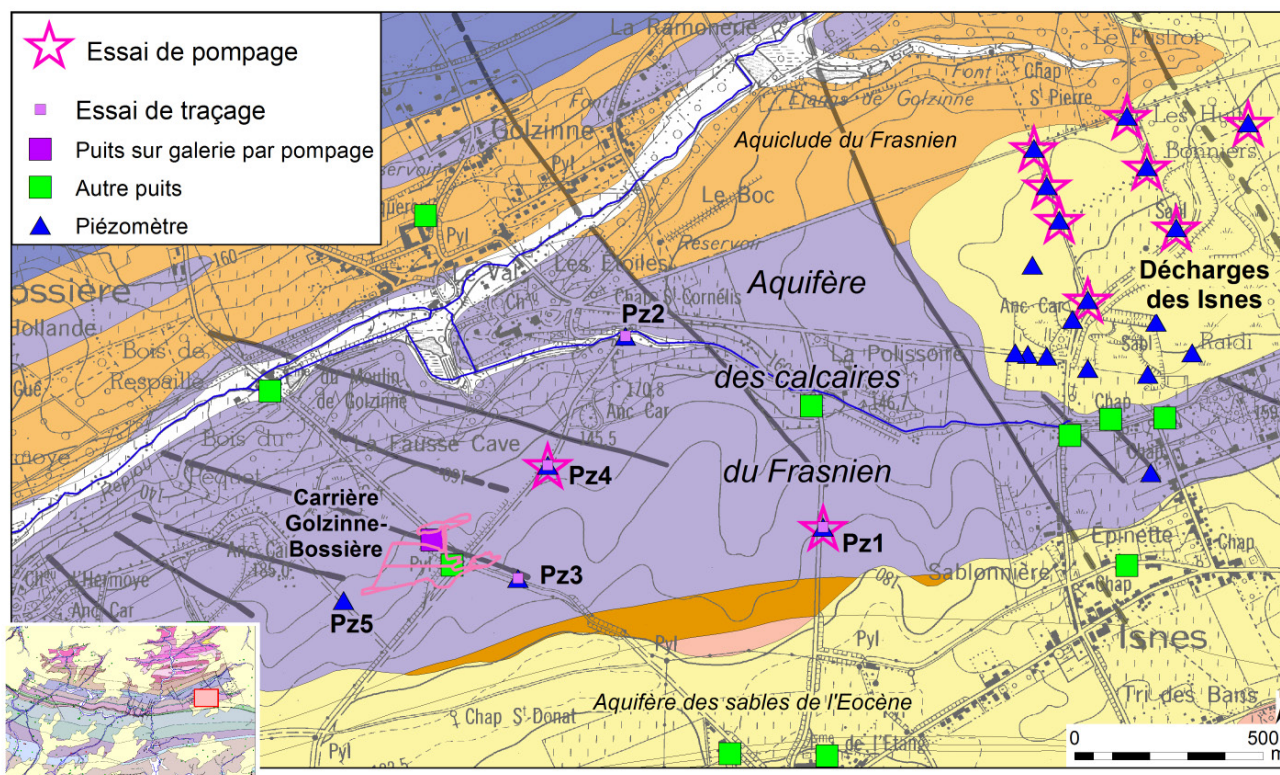
En janvier 2013, une campagne de traçage axée sur la carrière Villeret s'est déroulée. Trois traceurs fluorescents ont été injectés dans les piézomètres Pz1, Pz2 et Pz3. Différents points de restitution potentielle ont été échantillonnés: le captage de Saint-Martin-Villeret et le cours d'eau 'La Ligne'. Deux restitutions ont été observées. Il s'agit des traceurs injectés au Pz1 et au Pz2, avec des taux de restitutions très différents suggérant des écoulements souterrains dans des milieux aux caractéristiques différentes (degré de fracturation, karstification, porosité...) et/ou un piégeage différent du traceur dans la matrice non fracturée et aux abords directs du piézomètre. Le tableau VII.6 présente les principaux résultats de cette phase de traçage, ainsi que quelques-unes des caractéristiques de ce test.

**Tableau VII.6: Valeurs des paramètres liés au test de traçage au droit du site de Saint-Martin-Villeret**

Nom de l'ouvrage	Profondeur d'injection (m)	Distance Injection/Restitution (m)	Taux de restitution (%)	Vitesse de 1 <sup>ère</sup> arrivée (m/h)	Vitesse modale (m/h)	Porosité effective de transport $n_e$ (%)
Pz1	40	340	2,3	2,1	0,8	$2,4 \times 10^{-3}$
Pz2	60	240	56,8	24	4,8	$1,8 \times 10^{-4}$
Pz3	24	240	-	-	-	-

- *Bossière*

L'aquifère des calcaires du Frasnien est également exploité par la SWDE via la carrière souterraine Golzinne-Bossière. Des essais de pompage et des tests de traçage ont été réalisés dans les piézomètres du site (SWDE, 1996b; ECOFOX, 1995; ISSeP, 1995).



**Figure VII.7: Site de Bossière (SWDE) - Tests de pompage et de traçage**

En juin 1994, des essais de pompage ont été réalisés sur Pz1 et Pz4. Différents paliers de débit ont été testés avec le suivi de la remontée. Les niveaux d'eau ont aussi été surveillés dans les

autres piézomètres. Aucune influence des pompages n'a été relevée. Les résultats de ces tests sont synthétisés dans le tableau VII.7.

**Tableau VII.7: Valeurs des paramètres K et T au droit du site de Bossière**

Nom de l'ouvrage	Epaisseur d'aquifère considérée (m)	Transmissivité moyenne T (m <sup>2</sup> /s)		Conductivité hydraulique moyenne K (m/s)	
		pompage	remontée	pompage	remontée
Pz1	26	$2,6 \times 10^{-6}$	$2,4 \times 10^{-5}$	$1,4 \times 10^{-3}$	$1,62 \times 10^{-3}$
Pz4	45	$4,3 \times 10^{-8}$	$4 \times 10^{-7}$	$3,1 \times 10^{-5}$	$3,6 \times 10^{-5}$

Entre octobre 1994 et mars 1995, un multitraçage a été réalisé à partir des piézomètres Pz1, Pz2, Pz3 et Pz4. Sur les 4 injections, seulement deux ont été détectées à la galerie. Aucune restitution des traceurs injectés au Pz1 et Pz2 n'a été observée malgré une surveillance de deux et trois mois, respectivement. Les paramètres de transport déduits de l'analyse des courbes de restitution par des méthodes analytiques sont présentés au tableau VII.8, ainsi que quelques-unes des caractéristiques du test de traçage.

**Tableau VII.8: Valeurs des paramètres liés au test de traçage au droit du site de Bossière**

Nom de l'ouvrage	Distance Injection/Restitution (m)	Taux de restitution (%)	Vitesse de 1 <sup>ère</sup> arrivée (m/h)	Vitesse modale (m/h)	Porosité effective de transport $n_e$ (%)	Dispersivité longitudinale (m)
Pz4	380	47	13	1,3 à 1,5	1,8 à 10	25 à 100
Pz3	210	65	9,9	1,8		
Pz2	750	-	-	-	-	-
Pz1	1000	-	-	-	-	-

Des essais de pompage ont également été effectués sur le site 'Décharges des Isnes' (LGIH, 1992; IGRETEC, 1994). La gamme des valeurs de conductivité hydraulique calculées est très large, entre  $10^{-3}$  et  $10^{-7}$  m/s.

- *Autres sites*

Sur la carte Fleurus-Spy, deux piézomètres ont été foré dans le cadre du projet 'Synclin'EAU'. Des essais de pompages y ont été menés. Les valeurs de conductivités hydrauliques sont les suivantes (Brouyère et al., 2009):

- Forage 2 – Mazy:  $K = 2,02 \times 10^{-8}$  m/s
- Forage 10 – Tongrinne:  $K = 2,16 \times 10^{-7}$  m/s

Que ce soit pour l'aquifère des calcaires carbonifères ou dévoniens, on constate une grande variabilité des paramètres d'écoulement et de transport. En effet, ces paramètres dépendent, entre autres, fortement du niveau de fracturation et de fissuration de l'aquifère, mais aussi de l'intensité de la karstification et du type de porosité (interstitielle ou de fissures).

## 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 wallonne<sup>11</sup> définit quatre niveaux de protection à mesure que l'on s'éloigne du captage : zones de prise d'eau (Zone I), de prévention (Zones IIa et IIb) et de surveillance (Zone III).

#### 1° Zone de prise d'eau ou zone I

La zone de prise d'eau est délimitée par la ligne située à 10 m des limites extérieures des installations en surface strictement nécessaires à la prise d'eau. A l'intérieur de la zone de prise d'eau, seules les activités en rapport direct avec la production d'eau sont 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 de surface de l'axe longitudinal dans le cas d'une galerie. En milieu karstique, tous les points préférentiels de pénétration (dolines et pertes) dont la liaison avec le captage est établie sont classés en zone IIa.

<sup>11</sup> 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.

### Mesure de prévention

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

La Société publique de Gestion de l'Eau<sup>13</sup> assure la gestion financière des dossiers concernant la protection des eaux probabilisables distribuées par réseaux, par le biais de contrats de service passés avec les producteurs d'eau. Pour financer les recherches relatives à la délimitation des zones de prévention et indemniser tout particulier ou toute société dont les biens doivent être mis en conformité avec la législation, une redevance de 0,107 € est prélevée sur chaque m<sup>3</sup> fourni par les sociétés de distribution d'eau.

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

---

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

<sup>13</sup> SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999

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

## VIII.2. ZONES DE PREVENTION DU CAPTAGE DE BOSSIERE (SWDE)

Au sud de la commune de Gembloux, se trouve le site de captage de Bossière, pompage au fond d'une carrière souterraine exploitant les calcaires dévoniens. Une étude hydrogéologique a été menée afin de délimiter les zones de prévention (SWDE, 1996; ECOFOX, 1995; ISSeP, 1995). La délimitation de ces zones de prévention (code SPW: SWDE032) 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 (figure VIII.1).

Ces zones de prévention ont été approuvées par le Gouvernement Wallon en date du 30 avril 2004: Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée de l'ouvrage de prise d'eau souterraine dénommé Bossière G1, sis sur le territoire de la commune de Gembloux (Bossière) (M.B. 01.06.2004).

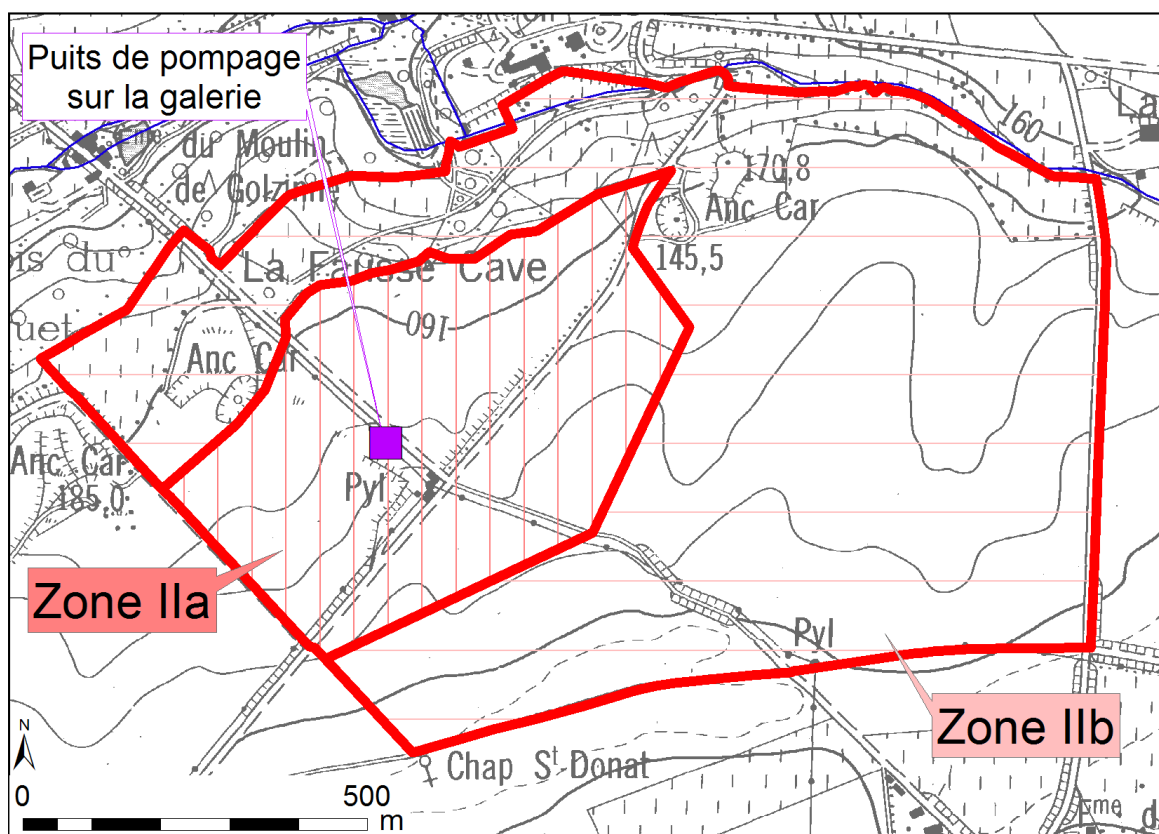


Figure VIII.1: Zones de prévention arrêtées autour du captage de Bossière (SWDE)

## VIII.3. ZONES DE PREVENTION DU CAPTAGE DE SPY (VIVAQUA)

Dans la vallée du Chauffour (affluent de l'Orneau), VIVAQUA exploite l'aquifère des calcaires du Carbonifère via un puits foré, le puits de Spy. Les zones de prévention rapprochée et éloignée de

ce captage (code SPW: VIVAQUE06) ont été déterminées en tenant compte des paramètres topographiques, pédologiques, géologiques et hydrogéologiques définis pour le site et ses alentours (VIVAQUA, 2005). Ensuite les limites des zones de protection ont été ajustées sur base des limites cadastrales et urbanistiques permettant le repérage de la zone sur le terrain (figure VIII.2).

Ces zones de prévention ont été approuvées par le Gouvernement Wallon en date du 4 septembre 2007: Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée de l'ouvrage de prise d'eau souterraine de catégorie B (potabilisable) dénommé Puits de Spy, sis sur le territoire de la commune de Jemeppe-sur-Sambre (M.B. 25.09.2007).

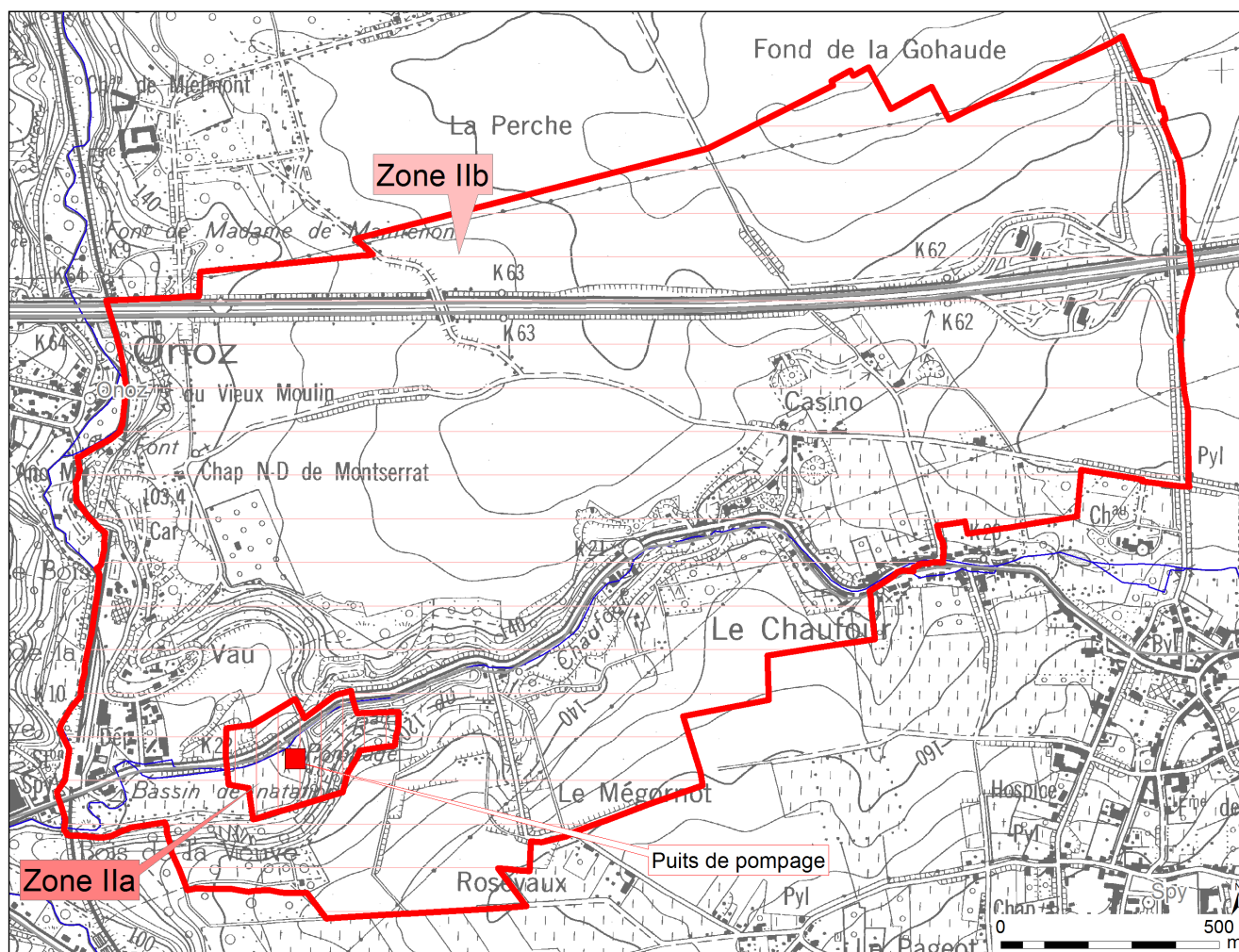


Figure VIII.2: Zones de prévention arrêtées autour du captage de Spy (VIVAQUA)

## VIII.4. ZONES DE PREVENTION A DEFINIR

A ce jour, sur la carte Fleurus-Spy, 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 d'exploitation définitif ne sont pas reprises.

Les captages soumis à zones de prévention sur cette carte appartiennent soit à la SWDE, soit à VIVAQUA. Ils sont listés dans le tableau VIII.1 et présentés à la figure VIII.3.

**Tableau VIII.1: Liste des captages soumis à zone de prévention mais non encore définies – carte Fleurus-Spy**

	<u>Captage</u>	<u>Etat</u>	<u>Code RW</u>	<u>Type</u>	<u>Unité hydrogéologique</u>	<u>Commune</u>
SWDE	Onoz G1 & E1	En service	47/2/7/001 & 47/2/7/003	Galerie & Emergence	Calcaires du Carbonifère	Jemeppe-sur-Sambre (SPy)
	Fleurus AIE P1 & P2	En service	47/1/7/002 & 47/1/7/003	Puits forés	Calcaires du Carbonifère	Fleurus
	Velaine P4	En service	47/1/8/005	Puits foré	Calcaires du Carbonifère	Fleurus (Wanfercée-Baulet)
VIVAQUA	Ligny	En service	47/1/4/001	Puits (carrière à ciel ouvert)	Calcaires du Carbonifère	Fleurus (St-Amand)
	St-Martin-Lemmens	En service	47/2/4/002	Puits (carrière souterraine)	Calcaires du Frasnien	Jemeppe-sur-Sambre (St-Martin)
	St-Martin-Villeret	En service	47/2/4/004	Puits (carrière souterraine)	Calcaires du Frasnien	Jemeppe-sur-Sambre (St-Martin)

Des études hydrogéologiques sont en cours pour la plupart des sites de captage repris dans le tableau VIII.1. Certains dossiers ont été déposés au Service Public de Wallonie.

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 ;
- de l'hétérogénéité des formations;
- d'axes d'écoulement préférentiel et de phénomènes karstiques.

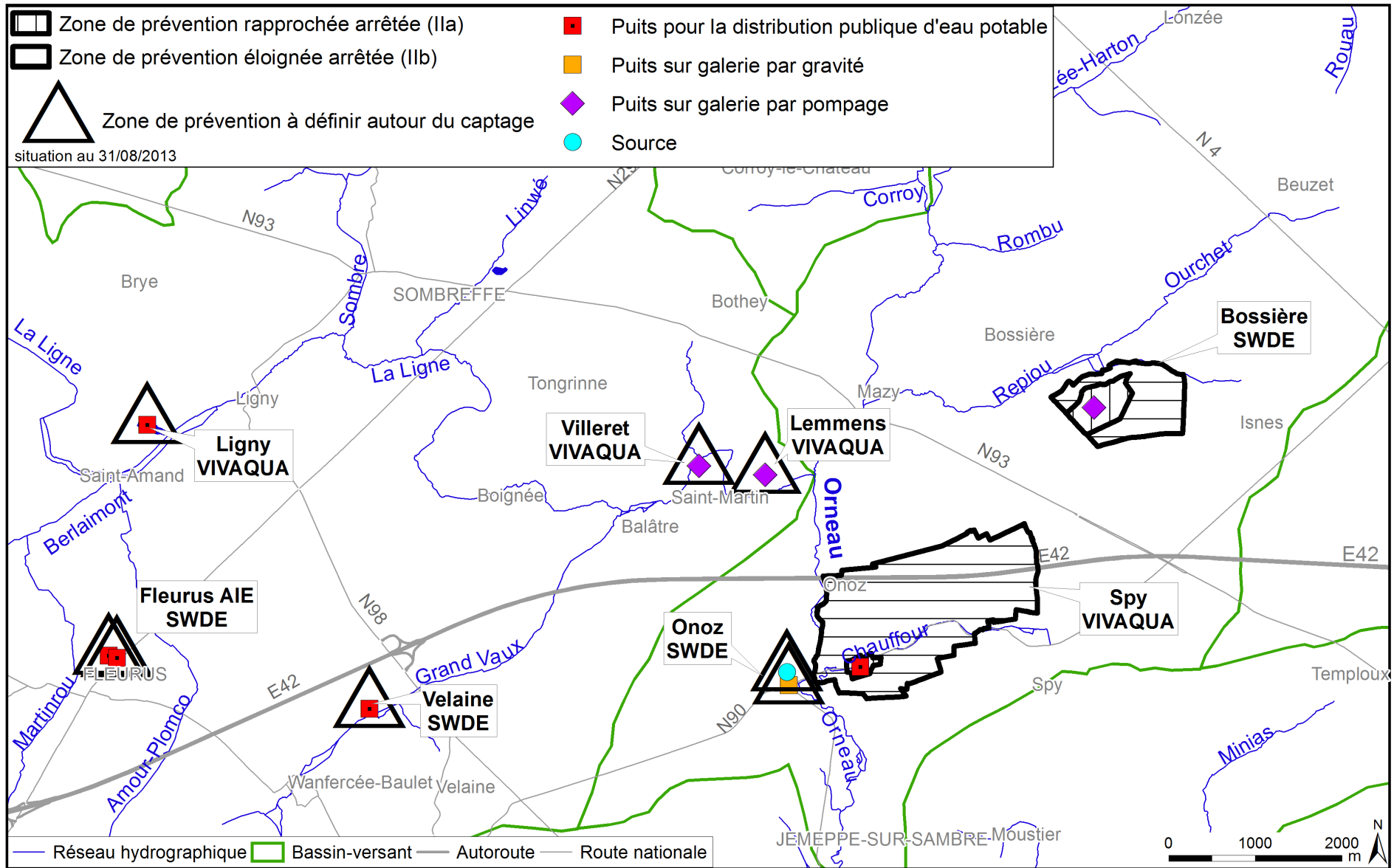


Figure VIII.3: Zones de prévention des captages de la carte Fleurus-Spy

## **IX. METHODOLOGIE D'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE**

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

### **IX.1. ORIGINE DES INFORMATIONS**

#### **IX.1.1. Données géologiques et connexes**

La nouvelle carte géologique Fleurus-Spy est utilisée comme fond de référence pour la construction de la carte hydrogéologique. Cette carte a été dressée par JL Pingot et B Delcambre en 2008. Elle a été fournie sous format vectoriel par le Service Public de Wallonie (Cellule 'Géologie'), ainsi que la coupe géologique nord-sud.

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 Fleurus-Spy, 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 est et sud de la carte étudiée. Ces bords sont respectivement frontaliers avec

- la carte Namur-Champion (47/3-4), éditée en 1901 au 1/40.000 par le Service Géologique de Belgique;
- la carte de Tamines – Fosses-la-Ville (47/5-6), éditée en 1904 au 1/40.000 par le Service Géologie de Belgique.

De légères différences sont observées avec les cartes situées au nord et à l'ouest, soit Chastre-Gembloux (40/5-6) et Gouy-lez-Piétons – Gosselies (46/3-4). Ces cartes géologiques, récentes (respectivement 2002 et 2013), 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. Hydrogéologiquement, comme déjà mentionné au [chapitre IV](#), les formations calcaires de la carte Gouy-lez-Piétons – Gosselies sont rassemblées en une seule unité hydrogéologique, l'aquifère des calcaires dévonocarbonifères. Sur la carte Fleurus-Spy, l'option retenue est différente. Comme déjà détaillé au paragraphe IV.1.2.1, l'aquifère des calcaires carbonifères est distingué de l'aquifère des calcaires dévoniens sur la présente carte.

Sur la carte Fleurus-Spy, quatre carrières sont utilisées comme point de captage d'eau. La carrière de Ligny est à ciel ouvert. Les carrières Lemmens et Villeret à Saint-Martin et la carrière de



Bossière aux Isnes sont souterraines: Leur tracé est repris sur la carte hydrogéologique principale (1/25.000). Ces contours ont été fournis par les titulaires des prises d'eau (SWDE, VIVAQUA).

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. Sur la carte Fleurus-Spy, ces investigations ont été réalisées dans le cadre de l'établissement des zones de prévention autour des captages publics. Elles ont permis de préciser le contexte géologique de la zone prospectée (lithologie et structural) dans le but de mieux de déterminer l'emplacement le plus adéquat pour des forages, de définir la nature et l'épaisseur des terrains meubles, de localiser des failles, des axes de fracturation ou des linéaments, de situer l'altitude du sommet du bed-rock.

- Site de Bossière-Les Isnes (LGIH, 1992: ISSep, 1993) : sondages électriques, sondages sismiques et traînés électriques.
- Site de Ligny (BCG, 2012): tomographies électriques.
- Sites de Saint-Martin (Lemmens et Villeret)(GEOLYS, 2012): tomographies électriques.
- Site de Spy (BCG, 2004): tomographies électriques.
- Site d'Onoz (LGIH, 1999): sondages électriques, sondages sismiques et traînés électriques.

### **IX.1.2. Données météorologiques et hydrologiques**

Sur le territoire de la carte Fleurus-Spy, il y a deux stations météorologiques. L'une appartient à l'Institut Royal Météorologique, la station Mazy (FS27) où les précipitations sont mesurées depuis 1951. L'autre, Ligny-7629, est gérée par Service Public de Wallonie ([SETHY](#)), où les données de pluviométrie sont disponibles depuis le 14/05/2001. A propos des stations limnimétriques, deux stations sont, actuellement, encore en service. Ces stations, L5183 sur l'Orneau et L5570 sur la Ligne, appartiennent au réseau [AQUALIM](#) du SPW. Sur cette carte, on compte aussi une ancienne station limnimétrique: L 5180 du réseau AQUALIM (mesures jusqu'en 1986).

Lors de diverses études, des stations de jaugeage temporaires ont été installées sur les cours d'eau du bassins-versants de la carte Fleurus-Spy. Il s'agit soit d'échelles limnimétriques, soit de sondes de pression, soit de déversoirs à parois minces. Ainsi, entre le 26/08/1998 et le 26/08/2000, des relevés hebdomadaires ont été effectués sur une quinzaine de sites répartis sur les rivières du bassin de l'Orneau (LGIH, 2000). Des données hydrologiques ont également été collectées dans le cadre du projet Synclin'EAU (jaugeages et échelles limnimétriques)(Brouyère et al., 2009).



### **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), 280 ouvrages ont été encodés dont 205 puits (puits forés et puits traditionnels), 59 piézomètres, 4 puits sur galerie (3 au droit de carrière souterraine, 1 galerie drainante). Sont aussi encodées des informations concernant 5 sources (exploitées ou non) et 7 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>.

Le tracé, approximatif, de galerie d'Onoz (SWDE) figure sur la carte principale au 1/25.000. Longue de 80 m, pour une question de visibilité, elle n'est pas reprise sur les cartes thématiques (dont l'échelle est 1/50.000).

De plus, selon l'atlas du karst wallon, 4 résurgences (parmi les 22 phénomènes karstiques) sont recensées sur le territoire de la carte Fleurus-Spy. Elles sont reprises sur la carte principale du poster.

#### ***IX.1.3.2. Données piézométriques***

Dans la base de données, on dispose d'au moins un niveau d'eau pour environ 200 puits/piézomètres. Plusieurs piézomètres, souvent appartenant à un réseau de surveillance, ont des chroniques piézométriques relativement importantes, portant à plus de 3250 le nombre total de niveaux piézométriques encodés. Ces données concernent essentiellement les aquifères calcaires (Carbonifère et Dévonien).

L'aquifère des calcaires carbonifères du bord nord du "Synclinorium de Namur" a été étudié par l'équipe d'hydrogéologie de l'Université de Mons (ex-FMPs). Plusieurs campagnes piézométriques régionales ont été menées (2000, 2002, 2005, 2007). Ainsi, la piézométrie de la partie occidentale de l'aquifère des calcaires du Carbonifère dans le bassin de l'Orneau, située sur la carte Fleurus-Spy, est définie. Sur la carte principale du poster, les isopièzes présentés reflètent la situation de janvier 2007. Dans le [chapitre IV.2](#), les aspects piézométriques sont développés.

#### ***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, VIVAQUA, divers rapports et les prélèvements faits lors des campagnes de terrain ont complété ce jeu initial.

Ainsi, 47 sites (puits et piézomètres, drains, galeries, sources) sont concernés, comptabilisant environ 11 000 valeurs. Ces analyses caractérisent surtout les eaux logées dans les aquifères calcaires du Carbonifère et du Dévonien. Ces points, où des données chimiques sont disponibles, sont reportés sur la carte thématique des informations complémentaires et du caractère des nappes. Le [chapitre V](#) décrit, plus en détails, le cadre hydrochimique des unités hydrogéologiques rencontrées sur la carte Fleurus-Spy.

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.

La carte Fleurus-Spy est complètement située en zones vulnérables aux nitrates (Nord du sillon Sambre & Meuse et Sables bruxelliens)([paragraphe V.2](#)). Deux prises d'eau ont leurs zones de prévention déterminées et arrêtées par le Gouvernement Wallon. Huit autres captages sont soumis à zones de prévention. A ce jour, la délimitation de ces zones n'est pas encore établies (voir [chapitre VIII](#)).

### **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 du caractère des nappes;
  - Carte des volumes d'eau prélevés;
- la coupe hydrogéologique;
- le tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie';
- la carte de la Belgique (1/5.000.000) où est localisée la carte étudiée.

#### **IX.3.1. Carte hydrogéologique principale**

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

- le fond topographique de la carte IGN 1/10 000;
- le réseau hydrographique;
- les unités hydrogéologiques;
- les failles;
- les carrières à ciel ouvert et les carrières souterraines (lorsque intérêt hydrogéologique);
- les galeries;
- 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 sondes géothermiques;
- les pertes et résurgences connues;
- les stations limnimétriques;
- les isopièzes: la carte piézométrique présentée est celle de l'aquifère des calcaires du Carbonifère (partie E du bassin de l'Orneau) (janvier 2007)
- le sens probable d'écoulement souterrain (pour les aquifères calcaires);
- à défaut de carte piézométrique, des valeurs de niveau des autres unités hydrogéologiques, avec la date de la mesure;
- les zones de prévention IIa et IIb arrêtées par le Gouvernement Wallon;
- les zones de prévention à définir;
- le trait 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. Dans la partie nord de la carte Fleurus-Spy, les nappes peuvent globalement être considérées comme libres pour une profondeur habituelle des forages (de l'ordre de 100 m).

Par contre, dans la partie sud de la carte, la nappe des calcaires carbonifères semble captive sous 550 à 600 m de schistes houillers. En effet, sur la carte Tamines – Fosses-la-Ville, la nappe captée par les puits de Solvay (Jemeppe-sur-Sambre) présente un phénomène d'artésianisme avec des niveaux statiques variant entre 13 et 16 m au-dessus du sol. Dans cette zone de captivité, cette nappe est par conséquent bien mieux protégée, contrairement aux zones où les calcaires affleurent (Sorel et al., 2013).

Notons que si on choisit de caractériser la première nappe rencontrée (nappe à l'affleurement, sous la couverture limoneuse). 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). Dans les formations du Paléozoïque 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.

La totalité de la superficie de la carte Fleurus-Spy est située en zones vulnérables aux nitrates. 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<sup>ème</sup>, reprend également les volumes d'eau prélevés annuellement, informations extraites de la base de données de la Région Wallonne "dix-sous" (D GARNE). Les

volumes représentés sont les volumes déclarés par les titulaires au Service Public de Wallonie. Deux catégories de volumes sont répertoriées sur la carte Fleurus-Spy, 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 2011 et 2012

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 (2007-2011) (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 Fleurus-Spy, traduites en termes d'unités hydrogéologiques. La définition de ces unités est présentée en détails dans le [chapitre IV](#).

#### **IX.3.5. Coupes hydrogéologiques**

Parmi les éléments présentés sur le poster de la carte hydrogéologique Fleurus-Spy figurent les coupes hydrogéologiques. Elles permettent de comprendre dans son ensemble le contexte géologique de la région. Les grandes structures géologiques y apparaissent. Cette coupe est basée de la carte géologique aa' de Delcambre & Pingot (2008). La coupe de la carte géologique a été prolongée au nord (pour couvrir toute la hauteur de la carte). Une coupe avec exagération des hauteurs (facteur d'échelle X5) a également été dessinée. Ainsi, là où la donnée est disponible, des informations sur le niveau piézométrique des nappes ont été indiquées. Ces coupes sont commentées, en détails, au [paragraphe IV.2.4](#).

## X. BIBLIOGRAPHIE

**BCG** (2004): C.I.B.E. Captage de Spy. Etude des zones de prévention. Campagne géophysique. Imagerie électrique. Bureau Conseil en Géologie. Juin 2004.

**BCG** (2012): Captage de Ligny - Détermination des zones de prévention. VIVAQUA scl. Dossier 10770. Bureau Conseil en Géologie. Oct-Nov 2012.

Phase 1: Compilation des données existantes. 23 pp + annexes

Phase 2: Campagne de prospection géophysique. 49 pp + annexes

Phase 3: Forages et pompages d'essai. 41 pp + annexes

Phase 4: Suivi piézométrique, essai de traçage et modélisation des écoulements. 26 pp + annexes

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

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

**Brouyère S, Gesels, J, Goderniaux P, Jamin P, Robert T, Thomas L, Dassargues A, Bastien J, Van Wittenberge F, Rorive A, Dossin F, Lacour JL, Le Madec D, Nogarède P, Hallet V.** (2009) : Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en œuvre de la Directive Européenne 2000/60 sur les masses d'eau souterraine en Région Wallonne (Projet Synclin'EAU), délivrables D.2.22 et D.3.12 – parties MESO RWM011 et RWM012 (rapports finaux de caractérisation 1/2). Convention RW et SPGE-Aquapole.

**Chalon C, Leroy D, Thomé JP, Goffart A.** (2006): Les micropolluants dans les eaux de surface en Région wallonne. Dossier scientifique réalisé dans le cadre de l'élaboration du Rapport analytique 2006-2007 sur l'état de l'environnement wallon. AQUAPOLE-ULg. Liège. 137p

**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** (de Broyer C., Delaby S., Michel G., Thys G.), **FPMs** (Avron C., Delaby S., Geuse A., Kaufmann O., Michelon S., Quinif Y.), **ULg** (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<sup>e</sup> édition, 51p

**Delcambre B & Pingot JL.** (2008): Carte géologique de Fleurus-Spy 47/1-2 (1/25.000), *Service Public de Wallonie, DGARNE*, Namur. Carte et notice (96 p.).

**De Witte C., Neuray C., Nielsen M., Pons T., Van Der Kaa, C. & Godart M-F., Teller J.** (direction scientifique). (2009): 2.Les Plateaux brabançon et hesbignon, Collection : Atlas des Paysages de Wallonie, *Conférence permanente du développement territorial*, Service public de Wallonie, Namur; pp 283 <http://cpdt.wallonie.be/old/Data/publications/atlas-paysages/3/All.pdf>

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

[http://environnement.wallonie.be/directive\\_eau/edl\\_ssb/GuideFichesMESO\\_v1\\_20.pdf](http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/GuideFichesMESO_v1_20.pdf)

<http://spw.wallonie.be/dce/fme/RWM011.pdf>

<http://spw.wallonie.be/dce/fme/RWE051.pdf>

<http://spw.wallonie.be/dce/fme/RWE160.pdf>

**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.

**ECOFOX** (1995): Prise d'eau de Gembloux-Bossière – Essai de multitraçage dans le cadre de l'étude des zones de prévention. Rapport SWDE-952.

**Evrard P.** (1943): La bande dévonienne entre les vallées de l'Orneau et du Houyoux. *Ann. Soc. géol. Belgique*. 66-7: B211-222

**FMPs** (2002): Etude de la nappe aquifère des calcaires carbonifères du bord nord du Synclinorium de Namur entre la vallée de la Dendre occidentale, à l'ouest, et la vallée de l'Orneau, à l'est.

**GEOLYS** (2011; 2012; 2013): Etude de délimitation des zones de prévention. Sites: Captage de Saint-Martin Villeret & Captage de Saint-Martin Lemmens, Commune de Jemeppe-sur-Sambre. VIVAQUA scrl.

Phase 1. Etude hydrogéologique préliminaire des captages. Nov. 2011. D823-1. 21 pp + annexes

Phase 2: Prospection géophysique. Mars 2012. D823-2. 4 pp + annexes

Phase 3: Campagne de forages – Rapport de suivi. Déc. 2012. D823-3. 13 pp + annexes

Phase 4: Campagne d'essais de pompage. Rapport de suivi et d'interprétation. Déc. 2012. D823-4. 21 pp + annexes

Phase 5: Campagne d'essais de traçage. Rapport de suivi et d'interprétation. Avril 2013. D823-6. 7 pp + annexes

**GEOMAC** (2005): Détermination des zones de prévention du site de captage d'Onoz. Rapport final SWDE/051 (décembre 2005). ULg-Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement

**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.
- Habils F., Roland S., Rorive A.** (2008). Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchettes Blicquy - Ath n° 38/5-6. Edition : Service public de Wallonie, DGO3 (DGARNE), Belgique, Dépôt légal: D/2008/12.796/2 - ISBN 978-2-8056-0059-3.
- Habils F., Roland S., Rorive A.** (2013): Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchettes Nivelles-Genapp n°39/7-8. 1:25000. Ed.actualisée. *Service Public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE)*, Belgique, Dépôt légal D/2013/12,793/7 – ISBN 978-2-8056-129-3, 1 notice explicative
- ICEW** (2012): Les Indicateurs Clés de l'Environnement Wallon (ICEW 2012)- Direction de l'Etat Environnemental - SPW - DGARNE - DEMNA – DEE- <http://etat.environnement.wallonie.be>
- IGRETEC** (1994): Rapport "SPAQuE' – Site des Isnes (Gembloux). Avril 1994
- ISSeP** (1993): Site de Bossière – Etude de prospection géophysique. Rapport 67/S/93
- ISSeP** (1995): Prise d'eau de Gembloux-Bossière. Modélisation mathématique dans le cadre de l'étude des zones de prévention. Rapport d'étude à la Société Wallonne des Distributions d'Eau. Rapport 884/95
- ISSeP** (2010): Décharge Masset à Les Isnes. Première campagne de contrôle (2010). Rapport 04668/2010. Cellules Déchets & SAR.
- Leroy, M., Couturier, J., Orban, Ph., Brouyère, S., Dassargues, A.** (2010) : Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en œuvre de la Directive Européenne 2000/60 sur les masses d'eau souterraine en Région Wallonne (Projet Synclin'EAU), livrable D.6.2 – Travaux de calibration et validation des modèles d'écoulement et de transport de solutés développés pour les trois masses d'eau souterraine RWM021, RWM012 et RWM011. Convention RW et SPGE-Aquapole.
- LGIH** (1992): Site des Isnes - Etude géologique et hydrogéologique. BEPN/922
- LGIH** (1999): Prises d'eau d'Onoz – Prospection géophysique. SWDE/991
- LGIH** (2000): SWDE. Etude hydrogéologique de l'aquifère des calcaires carbonifères de la région de Fleurus. SWDE/2000-11.
- LGIH** (2003): Etude des zones de prévention des prises d'eau d'Onoz. SWDE/2003-01.
- Pfannkuch, H-O.** (1990): Elsevier's Dictionary of Environmental Hydrogeology, *Elsevier*.
- Piront L.** (2005): Contribution à la caractérisation hydrogéologique du site de captage d'Onoz. *Travail de fin d'étude, Fac.Sciences Appliquées, Université de Liège*. 93p.
- Ruthy I. & Dassargues A.** (2002): Carte hydrogéologique de Wallonie, Fleurus-Spy, 47/1-2. 1:25000. 1<sup>o</sup>édition. Namur, *Service Public de Wallonie*, Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement, 1 notice explicative de 39 p. + annexes

- Sorel A, Rekk S, Hallet V.** (2013): Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchettes Tamines – Fosses-la-Ville n°47/5-6. Ed. actualisée. 1:25000. *Service Public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE)*, Belgique, Dépôt légal D/2013/12,796/3 – ISBN 978-2-8056-0125-5, 1 notice explicative de 180 p.
- SPAQuE** (2006; 2007): Site 'Campagne de Raidi', Gembloux, Nr1702-01. Fiche d'information (mise à jour: 13/02/2007): <http://www.walsols.be/pdfs/11687/2203.pdf> - Surveillance environnementale: état 2006: <http://www.walsols.be/pdfs/11687/2202.pdf>
- SPAQuE** (2007): Site 'les Quatre Vents', Jemeppe-sur-Sambre, Nr2301-01. Rapport de réhabilitation, Avril 2007. <http://www.walsols.be/pdfs/11793/3126.pdf>
- SPAQuE** (2008; 2009): Site 'Carrière d'Onoz', Jemeppe-sur-Sambre, Nr2306-01. Fiche d'information (mise à jour: 04/05/2009): <http://www.walsols.be/pdfs/2659/3270.pdf> - Surveillance environnementale: bilan 2008: <http://www.walsols.be/pdfs/2659/3269.pdf>
- SPAQuE** (2009; 2010): Site 'Décharges des Isnes', Gembloux, Nr1707-01. Fiche d'information (mise à jour: 19/04/2010): <http://www.walsols.be/pdfs/2658/3563.pdf>. Fiche technique: <http://www.walsols.be/pdfs/2658/156.pdf>. Surveillance environnementale: bilan 2009: <http://www.walsols.be/pdfs/2658/3564.pdf>.
- SPW-DGO3** (2013): Etat des nappes d'eau souterraine de Wallonie. Edition : Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique. Dépôt légal D/2013/11802/38 - ISBN 978-2-8056-0111-8 <http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/>
- SWDE** (1994): Forage de deux piézomètres et de trois puits de reconnaissance à Fleurus. Service Protection des Ressources et Captages. Rapport technique n°29 (mars 1994).
- SWDE** (1996a): Nettoyage et pompage d'essai sur les puits Velaine P1 – Velaine P2 – Velaine P3 à Sambreville (anct. Velaine). Service Protection des Ressources et Captages. Rapport technique n°53 (juin 1996).
- SWDE** (1996b): Réalisation de cinq piézomètres dans le cadre de l'étude des zones de prévention de la prise d'eau de Gembloux-Bossière G1. Service Protection des Ressources et Captages. Rapport technique n°60 (novembre 1996).
- SWDE** (1997): Réalisation de deux piézomètres, de deux puits de reconnaissance et de deux puits de production à Fleurus. Service Protection des Ressources et Captages. Rapport technique n°61 (juin 1997).
- SWDE** (2000): Réalisation d'un puits de reconnaissance (PR1) et d'un puits d'exploitation (Velaine P4) à Sambreville (anct. Velaine). Service Protection des Ressources et Captages. Rapport technique n°127 (mars 2000).
- SWDE** (2008): Réalisation de trois puits de reconnaissance (PR2, PR3 et PR4) à Fleurus et Sambreville (Velaine). Service Protection des Ressources et Captages; Rapport technique n°218 (décembre 2008).
- UNESCO-OMM**, (1992): Glossaire International d'Hydrologie, seconde édition, 413p

**VIVAQUA** (2005): Constitution des zones de prévention du captage de Spy – Rapport d'étude. CIBE, Décembre 2005. 59 p. + annexes.

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

## ANNEXE 1: LISTE DES ABREVIATIONS DES INSTITUTIONS ET ORGANISMES

- **HGE-GEO<sup>3</sup>** : Hydrogéologie & Géologie de l'Environnement- GEO<sup>3</sup> - ArGEnCo – ULg  
Bâtiment B52, niveau –1, Sart-Tilman à 4000 LIEGE  
<http://www.argenco.ulg.ac.be/geo3>
- **IECBW**: Intercommunale des Eaux Intercommunale des Eaux du Centre du Brabant Wallon  
Rue Emile François 27  
1474 GENAPPE (WAYS)  
<http://www.iecbw.be>
- **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, GEO<sup>3</sup>
- **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<sup>er</sup> 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<sup>er</sup> 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'Equipement 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>

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

Cellule Hydrogéologie

Rue de Houdain, 9 à 7000 Mons

▪ **VIVAQUA** (anciennement CIBE: Compagnie Intercommunale Bruxelloise des Eaux)

17 - 19 boulevard de l'Impératrice à 1000 Bruxelles

<http://www.vivaqua.be/>

## ANNEXE 2: TABLE DES ILLUSTRATIONS

### Liste des figures

Figure I.1: Localisation de la carte Fleurus-Spy .....	4
Figure II.1: Territoires paysagers - Fleurus-Spy .....	5
Figure II.2: Relief et bassins-versants - Fleurus-Spy .....	6
Figure II.3: Réseau hydrographique - Fleurus-Spy.....	7
Figure II.4: Carte de l'occupation du sol - Fleurus-Spy .....	8
Figure II.5: Carte des types de sol – Fleurus-Spy .....	9
Figure II.6: Répartition des types de sol - Fleurus-Spy .....	10
Figure III.1: Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2011; modifié).....	11
Figure III.2: Terrains calédoniens du Massif du Brabant - Fleurus-Spy .....	14
Figure III.3: Terrains terrigènes et carbonatés dévono-carbonifères – Fleurus-Spy .....	16
Figure III.4: Couverture méso-cénozoïque (excepté le Quaternaire) – Fleurus-Spy .....	19
Figure III.5: Massif calédonien du Brabant. Extrait de la coupe bb' de la carte géologique Fleurus-Spy (modifiée; Delcambre & Pingot, 2008).....	21
Figure IV.1: Principaux aquifères de Wallonie – Carte de Fleurus-Spy .....	22
Figure IV.2: Aquifères calcaires du Carbonifère et du Dévonien – Fleurus-Spy .....	33
Figure IV.3: Carte piézométrique de l'aquifère des calcaires du Carbonifères (partie ouest du bassin hydrographique de l'Orneau) .....	35
Figure IV.4: Bassins hydrogéologiques de l'aquifère des calcaires carbonifères de la masse d'eau souterraine RWM011 déterminés par les isopièzes de janvier 2007 .....	36
Figure IV.5: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère. Parties nord-ouest et centre-nord du bassin de l'Orneau. Carte Fleurus-Spy .....	37
Figure IV.6: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère. Partie centre-sud du bassin-versant de l'Orneau. Carte Fleurus-Spy .....	38
Figure IV.7: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère du bassin-versant de l'Orneau. Zone d'Onoz. Carte Fleurus-Spy .....	38
Figure IV.8: Relation "Eau utile - Piézométrie" de la nappe des calcaires carbonifères à Saint-Amand (partie nord-ouest du bassin-versant de l'Orneau).....	40
Figure IV.9: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère. Partie est du bassin- versant de l'Orneau. Carte Fleurus-Spy.....	41
Figure IV.10: Interactions entre eaux de surface et eaux souterraines - MESO RWM011 sur la carte Fleurus- Spy (d'après Brouyère et al., 2009) .....	43
Figure IV.11: Carte piézométrique de la nappe des calcaires du Frasnien - Site de Bossière - En situation de pompage, octobre 1994 (Ecofox, 1995) .....	47
Figure IV.12: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Frasnien (partie occidentale) – Puits Delvigne et Boignée - Carte Fleurus-Spy .....	48
Figure IV.13: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Frasnien (partie occidentale) – Forage Tongrinne (47/1/6/004) - Carte Fleurus-Spy .....	49
Figure IV.14: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Frasnien (partie orientale) – Forage Mazy (47/2/4/006) & site de Bossière - Carte Fleurus-Spy .....	50
Figure IV.15: Phénomènes karstiques - carte Fleurus-Spy .....	51
Figure IV.16: Aquifères sableux de l'Eocène –Fleurus-Spy .....	53
Figure IV.17: Localisation des puits suivis implantés dans les unités hydrogéologiques du Cambro-Silurien	56
Figures IV.18a & b: Fluctuations piézométriques – Unités hydrogéologiques du socle cambro-silurien .....	57

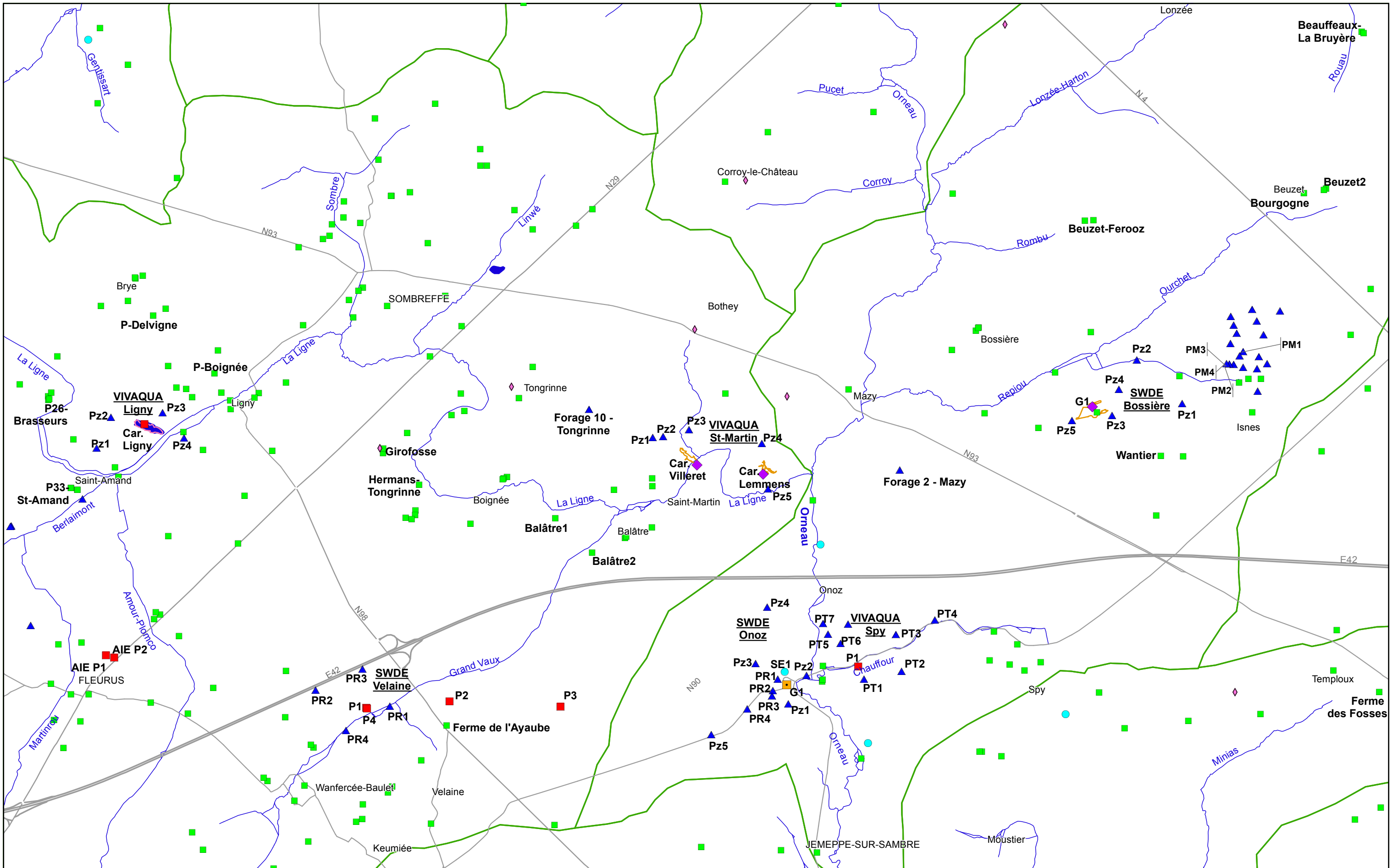
Figure V.1: Masses d'eau souterraine – Fleurus-Spy.....	61
Figure V.2: Zones vulnérables aux nitrates - Fleurus-Spy.....	66
Figure V.3: Evolution des concentrations en nitrates dans les eaux captées sur la carte Fleurus-Spy.....	67
Figure V.4: Pesticides en Région wallonne (ICEW, 2012; carte 19 modifiée) .....	69
Figure VI.1: Volumes d'eau prélevés pour la distribution publique d'eau potable dans l'aquifère des calcaires frasnien (Dévonien). Carte Fleurus-Spy.....	74
Figure VI.2: Volumes prélevés pour la distribution publique d'eau potable dans l'aquifère des calcaires du Carbonifère. Carte Fleurus-Spy .....	75
Figure VII.1: Localisation des sites avec des tests de pompage et/ou traçage sur la carte Fleurus-Spy.....	77
Figure VII.2: Site de Spy (VIVAQUA)- Tests de pompage et de traçage.....	78
Figure VII.3: Site d'Onoz (SWDE)- Tests de pompage et de traçage .....	80
Figure VII.4: Site de Velaine (SWDE)- Tests de pompage .....	81
Figure VII.5: Site de Ligny (VIVAQUA) - Tests de pompage et de traçage .....	82
Figure VII.6: Sites de Saint-Martin: Villeret et Lemmens (VIVAQUA) - Tests de pompage et de traçage .....	83
Figure VII.7: Site de Bossière (SWDE) - Tests de pompage et de traçage .....	84
Figure VIII.1: Zones de prévention arrêtées autour du captage de Bossière (SWDE).....	88
Figure VIII.2: Zones de prévention arrêtées autour du captage de Spy (VIVAQUA) .....	89
Figure VIII.3: Zones de prévention des captages de la carte Fleurus-Spy .....	91

## Liste des tableaux

Tableau II.1: Répartition détaillée de l'occupation du sol - Territoires agricoles.....	7
Tableau IV.1: Comparaison entre les unités hydrogéologiques du Carbonifère et du Dévonien des cartes Fleurus-Spy et Gouy-lez-Piétons - Gosselies.....	27
Tableau IV.2: Tableau de correspondance entre la géologie et l'hydrogéologie – Fleurus-Spy .....	31
Tableau IV.3: Niveaux piézométriques de la nappe des calcaires du Frasnien (Décharge Masset) - Moyennes saisonnières établies d'octobre 1993 à juin 2009 (ISSeP, 2010) .....	50
Tableau V.1: Sites WALSOLS repris sur la carte Fleurus-Spy .....	60
Tableau V.2: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère .....	62
Tableau V.3: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Dévonien (Frasnien).....	63
Tableau V.4: Caractéristiques hydrochimiques des eaux logées dans les sables de l'Eocène (Bruxellien), dans les terrains houillers et dans le socle cambro-silurien du Massif du Brabant .....	65
Tableaux V.5 a & b: Paramètres microbiologiques des eaux des aquifères calcaires de Fleurus-Spy .....	68
Tableaux V.6 a & b: Principaux pesticides analysés dans les eaux souterraines– Carte Fleurus-Spy .....	70
Tableaux V.7 a & b: Principaux éléments-traces métalliques analysés dans les eaux souterraines – Carte de Fleurus-Spy .....	71
Tableau VII.1: Valeurs des paramètres K et T au droit du site de captage de Spy .....	79
Tableau VII.2: Valeurs des paramètres K et T au droit du site de captage de Velaine.....	81
Tableau VII.3: Valeurs des paramètres K et T au droit du site de captage de Ligny .....	82
Tableau VII.4: Valeurs des paramètres K et T au droit du site du puits P1-Joncquièrre.....	83
Tableau VII.5: Valeurs du paramètre K au droit des sites de Saint-Martin (Villeret & Lemmens) .....	83
Tableau VII.6: Valeurs des paramètres liés au test de traçage au droit du site de Saint-Martin-Villeret .....	84
Tableau VII.7: Valeurs des paramètres K et T au droit du site de Bossière.....	85
Tableau VII.8: Valeurs des paramètres liés au test de traçage au droit du site de Bossière.....	85
Tableau VIII.1: Liste des captages soumis à zone de prévention mais non encore définies – carte Fleurus-Spy	90



## **ANNEXE 3: CARTE DE LOCALISATION**



- Puits pour la distribution publique d'eau potable
- Puits sur galerie par gravité
- ◆ Puits sur galerie par pompage
- Autre puits

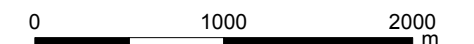
- ▲ Piézomètre
- Source (exploitée ou non)
- ◆ Sonde géothermique

- Carrière souterraine
- Carrière à ciel ouvert

- Réseau hydrographique
- Bassin-versant

- Autoroute
- Route nationale

Temploux: Localité



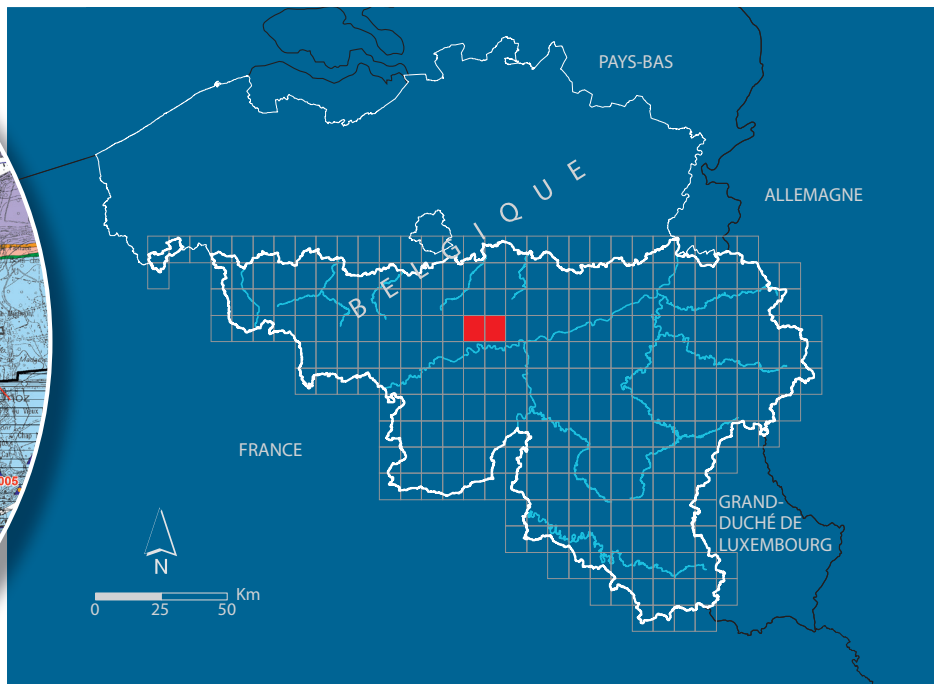
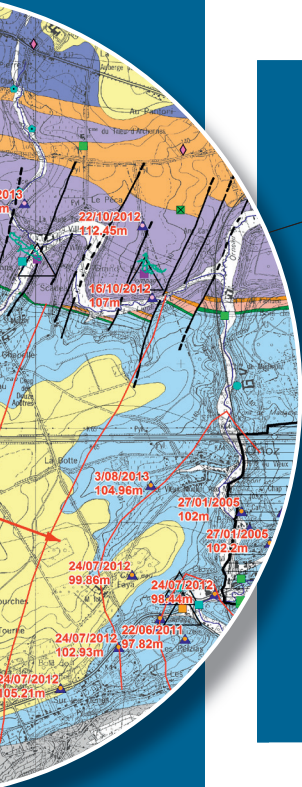
## ANNEXE 4: COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE

Nom	Code RW	Identifiant RW	X(m)	Y(m)	Z(m)	Type	Prof.(m)
P26-Brasseurs	47/1/4/069	3160	162540	133590	144	Puits	
P33- St-Amand	47/1/4/016	5519	162800	132570	144	Puits	
Hermans-Tongrinne	47/1/5/001	5128	166819	132609	138	Puits traditionnel	8
Girofosse	47/1/5/002	7275	166404	166025	138	Puits traditionnel	10
Balâtre 1	47/1/6/003	5063	168390	132220	139	Puits foré	
Balâtre 2	47/1/6/002	2886	168816	131825	130	Puits foré	
Ferme de l'Ayaube	47/1/8/004	6785	167137	129832	152,3	Puits foré	37,2
Wantier	47/2/6/001	1913	175379	132944	183	Puits traditionnel	10
Puits Delvigne	47/1/4/363	7510	163750	134560	157,52	Puits	
Puits Boignée	47/1/4/015	17744	164456	133895	139,63	Puits traditionnel	9
Forage 10 Tongrinne	47/1/6/004	34201	168780	133480	154,22	Puits foré	52
Forage 2 Mazy	47/2/4/006	34194	172366	132780	156,82	Puits foré	70,81
Beuzet 2	47/2/3/004	34234	177286	136029	183	Puits foré	48
Beuzet-Ferooz	47/2/2/001	2920	174503	135657	162,5	Puits traditionnel	4
Bourgogne	47/2/3/001	6871	177030	135975	178,6	Puits foré	
Ferme des Fosses	47/2/9/002	19844	177899	130219	175	Puits foré	59
Beaufeaux – La Bruyère	47/2/3/003	34197	177696	137839	170	Puits foré	50
PM1 Masset – Bois de Raidi	47/2/6/003	23340	176329	134147	181,9	Piézomètre	28
PM2 Masset – Bois de Raidi	47/2/6/004	24341	176220	133998	171,2	Piézomètre	22
PM3 Masset – Bois de Raidi	47/2/6/005	23342	176170	134003	170,4	Piézomètre	30
PM4 Masset – Bois de Raidi	47/2/6/006	24343	176137	134006	171,5	Piézomètre	22
SWDE – Bossière G1	47/2/5/001	6304	174588	133510	174.14	Puits sur galerie (carrière souterraine)	65
SWDE – Onoz G1	47/2/7/001	5870	171063	130301	98,47	Galerie drainante (puits par gravité)	-
SWDE – Onoz E1	47/2/7/003	1844	171039	130452	101,64	Source	-
SWDE- Fleurus AIE P1	47/1/7/002	6826	163206	160642	150	Puits foré	70

SWDE- Fleurus AIE P2	47/1/7/003	648	163301	130616	150	Puits foré	70
SWDE- Velaine P2	47/1/8/002	2451	167170	130110	152,03	Puits foré	58
SWDE- Velaine P4	47/1/8/005	601	166217	130027	145	Puits foré	102
SWDE- Velaine PR1	47/1/8/007	34191	166481	130052	144	Puits foré	84
VIVAQUA – Spy P1	47/2/7/005	6161	171886	130514	107.01	Puits foré	51
VIVAQUA – St-Martin Lemmens	47/2/4/002	4538	170789	132732	139	Puits sur galerie (carrière souterraine)	56
VIVAQUA – St-Martin Villeret	47/2/4/004	519	170025	132837	120	Puits sur galerie (carrière souterraine)	36
VIVAQUA – Ligny	47/1/4/001	1166	163650	133309	135.4	Puits (carrière à ciel ouvert)	25







SPW | Éditions, CARTES

Dépôt légal : D/2014/12.796/2 – ISBN : 978-2-8056-0147-7

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](http://www.wallonie.be)