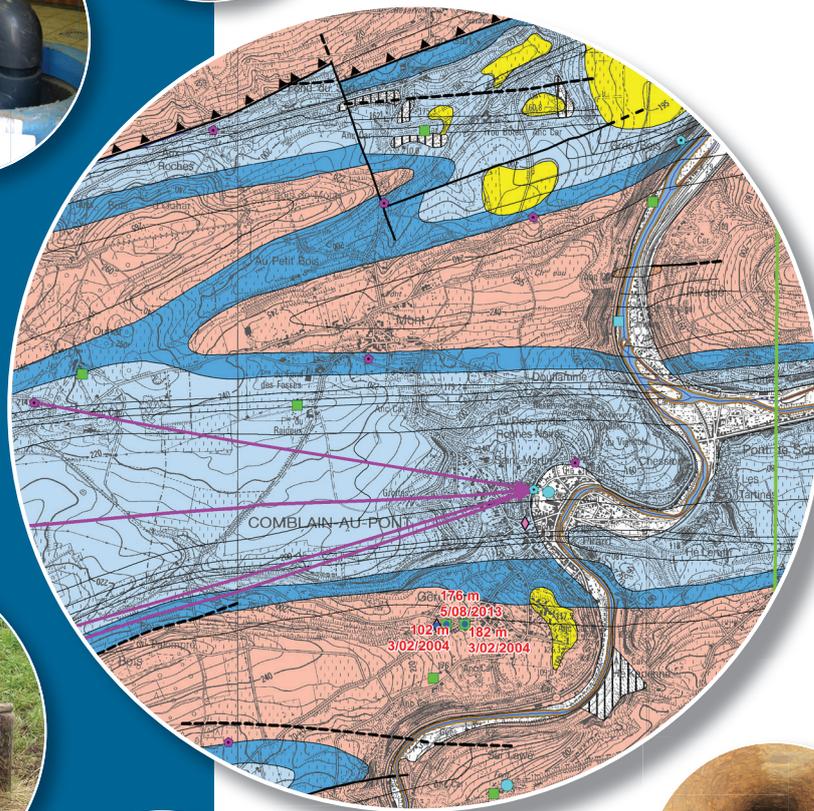


CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE WALLONIE

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 Tavier – Esneux



TAVIER – ESNEUX

49/1-2

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

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



NOTICE EXPLICATIVE

2016

Première édition : Mai 2004
Actualisation partielle : Mars 2016

Dépôt légal – **D/2016/12.796/5** - ISBN : **978-2-8056-0219-1**

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

**DIRECTION GENERALE OPERATIONNELLE DE L'AGRICULTURE,
DES RESSOURCES NATURELLES
ET DE L'ENVIRONNEMENT
(D GARNE-DGO 3)**

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

Table des matières

Avant-propos	3
I. Introduction	5
II. Cadres géographique, géomorphologique, hydrographique et pédologique	6
III. Cadre géologique	11
III.1. Cadre géologique régional.....	11
III.2. Cadre géologique de la carte	12
III.2.1. Cadre litho-stratigraphique.....	12
III.2.1.1. Formations du Paléozoïque	12
III.2.1.2. Formations du Cénozoïque.....	18
III.2.2. Cadre structural	19
IV. Cadre hydrogéologique	21
IV.1. Description des unités hydrogéologiques	23
IV.1.1. Unités hydrogéologiques du Dévonien.....	23
IV.1.1.1. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	23
IV.1.1.2. Aquitard de l'Eifelien	23
IV.1.1.3. Aquifère des calcaires du Givetien	23
IV.1.1.4. Aquifère des calcaires du Frasnien	24
IV.1.1.5. Aquitard du Frasnien	24
IV.1.1.6. Aquiclude du Famennien.....	25
IV.1.1.7. Aquitard du Famennien.....	25
IV.1.1.8. Aquifère des grès du Famennien.....	25
IV.1.2. Unités hydrogéologiques du Carbonifère.....	26
IV.1.2.1. Aquifère – Aquitard – Aquiclude de l'Hastarien	26
IV.1.2.2. Aquifère des calcaires du Carbonifère	26
IV.1.3. Unités hydrogéologiques du Cénozoïque	27
IV.1.3.1. Aquifère des sables de remplissage	27
IV.1.3.2. Aquifère des terrasses fluviatiles	27
IV.1.3.3. Aquitard limoneux (non cartographié).....	27
IV.1.3.4. Aquifère alluvial.....	27
IV.1.3.5. Nappe des remblais.....	28
IV.2. Description de l'hydrogéologie de la carte	30
IV.2.1. Aquifères des calcaires du Carbonifère et du Dévonien.....	33
IV.2.1.1. Synclinal de Tavier	34
IV.2.1.2. Synclinal de Villers-aux-Tours.....	34
IV.2.1.3. Synclinal d'Anthisnes	35
IV.2.1.4. Synclinal de Chanxhe-Sprimont.....	39
IV.2.1.5. Synclinal de Martinrive (vallée de l'Amblève)	41
IV.2.1.6. Bande nord de calcaires dévoniens, entre Berleur et Dolembreux.....	44
IV.2.1.7. Anticlinal d'Awan (calcaires dévoniens)	46
IV.2.2. Aquifère des grès du Famennien	47
IV.2.2.1. Grès de la rive gauche de l'Ourthe (partie ouest)	48
IV.2.2.2. Grès de la rive droite de l'Ourthe (partie est)	50
IV.2.3. Autres unités hydrogéologiques	55
IV.2.3.1. Aquifères alluviaux de l'Ourthe et de l'Amblève	55
IV.2.3.2. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	55
IV.2.4. Relation entre les eaux souterraines et les eaux de surface & Modélisation hydrogéologique régionale (Projet Synclin'Eau)	56
IV.2.5. Phénomènes karstiques.....	59
IV.2.6. Coupes hydrogéologiques	63

IV.2.7. Caractère des nappes	64
IV.2.8. Piézométrie de la carte Tavier-Esneux.....	64
V. Cadre hydrochimique	66
V.1. Caractéristiques hydrochimiques des eaux	68
V.1.1. Aquifère des calcaires du Carbonifère	69
V.1.2. Aquifère des grès du Famennien	71
V.1.3. Aquifère des calcaires du Dévonien.....	73
V.1.4. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.....	74
V.1.5. Aquifères alluviaux de l'Ourthe et de l'Ambève	75
V.2. Problématique des nitrates.....	76
V.3. Qualité bactériologique	79
V.4. Pesticides	79
V.5. Sites 'Walsols' (SPAQuE)	81
VI. Exploitation des aquifères	84
VII. Paramètres d'écoulement et de transport.....	87
VIII. Zones de protection.....	95
VIII.1. Cadre légal	95
VIII.2. Zones de prévention sur la carte Tavier-Esneux	97
IX. Méthodologie d'élaboration de la carte hydrogéologique.....	99
IX.1. Origine des informations.....	99
IX.1.1. Données géologiques et connexes.....	99
IX.1.2. Données météorologiques et hydrologiques.....	100
IX.1.3. Données hydrogéologiques	100
IX.1.3.1. Localisation des ouvrages.....	100
IX.1.3.2. Données piézométriques.....	101
IX.1.3.3. Données hydrochimiques et tests sur les puits	101
IX.1.4. Autres données	102
IX.2. Base de données hydrogéologiques.....	102
IX.3. Poster de la carte hydrogéologique	103
IX.3.1. Carte hydrogéologique principale.....	103
IX.3.2. Carte des informations complémentaires et du caractère des nappes	104
IX.3.3. Carte des volumes d'eau prélevés	104
IX.3.4. Tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie'	105
IX.3.5. Coupes hydrogéologiques.....	105
X. Bibliographie.....	106
Annexe 1: Liste des abréviations des institutions et organismes	111
Annexe 2: Table des illustrations	113
Annexe 3: Carte de localisation.....	115
Annexe 4: Coordonnées géographiques des ouvrages cités dans la notice	117

AVANT-PROPOS

La réalisation de la carte hydrogéologique Tavier-Esneux 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 GEO³ du département ArGEnCo de l'Université de Liège. Le projet a été supervisé par le professeur Alain Dassargues et la carte réalisée par Ingrid Ruthy. La première version de cette carte date de mai 2004 (Ruthy & Dassargues; 2004). L'actualisation partielle de cette carte a été effectuée en 2015 par Ingrid Ruthy. Elle prend en compte les données disponibles dans la base de données "BD-Hydro" (outil de travail commun aux équipes universitaires et à l'administration wallonne (DGARNE)). Ainsi les données concernées sont les zones de prévention, les volumes prélevés, les nouveaux ouvrages déclarés, des données piézométriques nouvelles encodées dans la base de données. Une collecte exhaustive de données complémentaires n'a pas été menée.

Collaborent au projet 'Carte hydrogéologique de Wallonie' l'Université de Mons (UMons), 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 CILE et la SWDE. Nous remercions aussi tous les particuliers et industries (carrières) 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. Merci aussi à Jean-Marc Marion, géologue-cartographe à l'Université de Liège (Département de Géologie) pour ses indications précieuses sur la lithologie et le cadre structural de la région. Un tout grand merci au Collectif du Noû Bleû, par l'intermédiaire de Jérémy Flament (ISSeP) et Philippe Meus (EWTS), pour toutes les informations et discussions sur le réseau karstique du synclinal de Chanxhe-Sprimont. Pour sa relecture attentive de la carte et de la notice, nous remercions Mohamed Bouezmarni de l'Université de Liège (Département de gestion et des sciences de l'Environnement, Campus d'Arlon).

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 deux coupes, géologique et hydrogéologique, ainsi qu'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>.

I. INTRODUCTION

Située à une dizaine de kilomètres au sud de Liège (Figure I.1), la carte Tavier-Esneux fait partie du Condroz. Ses principales réserves en eau souterraine sont logées dans les aquifères calcaires du Carbonifère et les aquifères gréseux du Famennien du Synclinorium de Dinant. Les alluvions de l'Ourthe et de l'Amblève peuvent contenir de petites nappes d'intérêt local. Cette région est aussi largement exploitée pour ses ressources minérales, essentiellement pour la roche calcaire. Plusieurs carrières sont encore en activité, aujourd'hui, sur le territoire de la carte Tavier-Esneux.



Figure I.1: Localisation de la carte Tavier-Esneux

II. CADRES GEOGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE, HYDROGRAPHIQUE ET PEDOLOGIQUE

La région de Tavier-Esneux est localisée dans la partie orientale du Condroz. L'ensemble paysager¹ qu'est le Plateau condrusien couvre 15 % du territoire wallon. Il est situé entre les vallées de la Sambre et de la Meuse au nord, de l'Eau d'Heure à l'ouest, l'Ardenne à l'est et la dépression de la Fagne-Famenne au sud dont un petit morceau est situé sur la carte étudiée (au sud-est). Le moyen plateau condrusien (08), légèrement incliné vers le nord, est coupé en deux par la Haute-Meuse. Les grands traits du relief condrusien sont directement liés à la géologie (roches de résistances différentes face à l'érosion). Cela se caractérise par une alternance de crêtes topographiques sur les grès et les shales ("tiges") et de dépressions dans les calcaires ("chavées"), orientées nord-est / sud-ouest (voir carte du relief de la Figure II.2). Sept territoires paysages couvrent la carte Tavier-Esneux (Figure II.1). Dans le Condroz, les crêtes topographiques sont généralement occupées par des forêts, les versants en pente douce par les labours et les fonds des vallées par les prairies. Les traits caractéristiques sont peu marqués sur la carte Tavier-Esneux. Au nord de l'Amblève, le moyen plateau de Sprimont, caractérisé par trois bombements orientés W-E (voir carte du relief de la Figure II.2), se différencie par des replats herbagers annonçant le paysage bocager du Pays de Herve, tout proche vers l'est. Dans le sud, apparaît le faciès de la bordure fameno-condrusienne, zone de transition vers la Fagne-Famenne au relief accidenté et aux versants boisés (Castiau *et al.*, 2010).

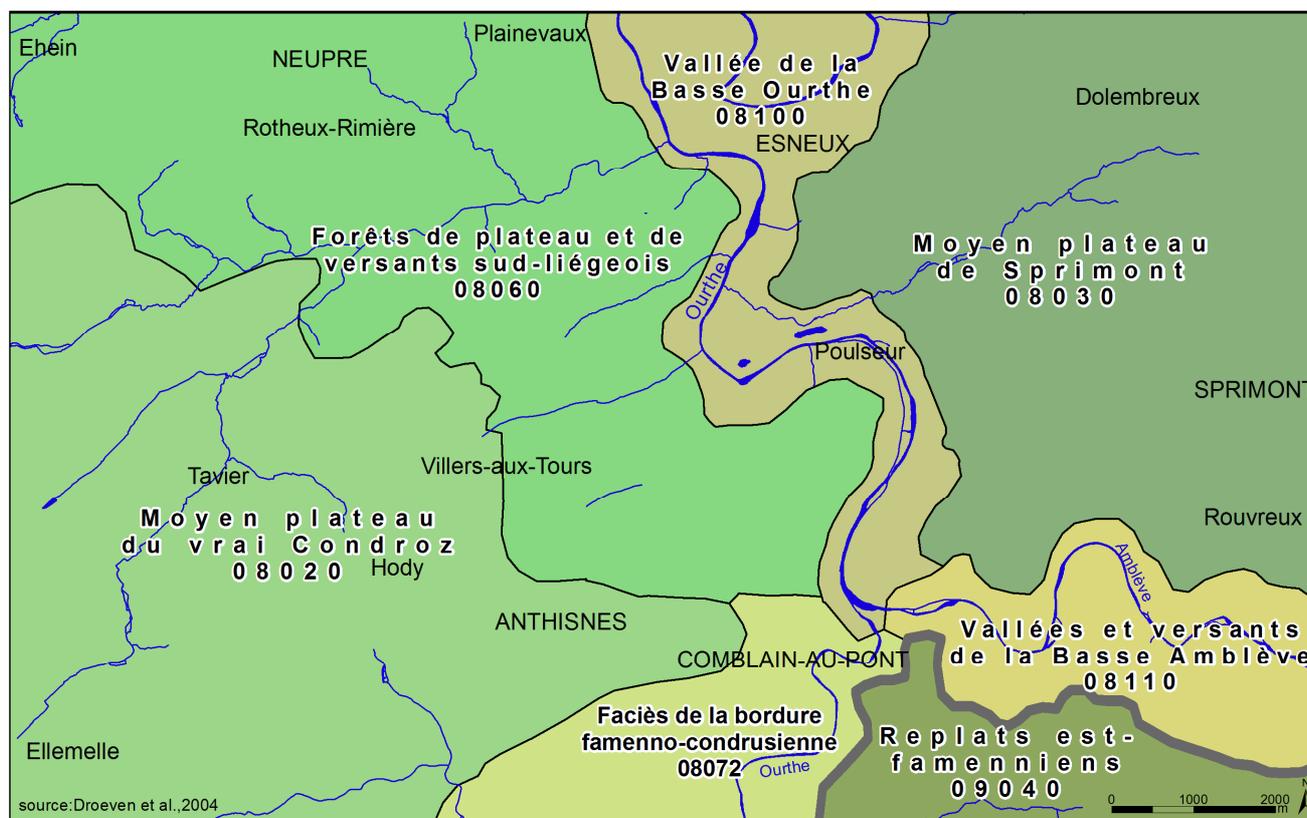


Figure II.1: Territoires paysagers – Tavier-Esneux

¹ 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 moyen plateau condrusien ne s'élève guère au-dessus de 300 m et présente un relief vallonné, étroitement lié à la géologie. La majorité des cours d'eau s'écoulent selon une direction NE-SW, quelques-uns, dont l'Ourthe, recourent transversalement les formations géologiques (Figure II.2). Cette région appartient entièrement au bassin hydrographique de la Meuse. Quatre bassins-versants majeurs se partagent la carte (Figure II.2):

- le bassin de l'Ourthe draine 85 % de la carte (136,1 km²), ses eaux se dirigent vers le nord pour rejoindre la Meuse à Liège. En rive gauche, le ruisseau du Fond de Martin rejoint l'Ourthe à Esneux;
- le bassin de l'Ambève, affluent de l'Ourthe à Comblain-au-Pont, s'étend sur environ 10 % de la carte (soit 16,2 km²);
- le bassin de la Meuse occupe environ 3 % (soit 5,2 km² de la surface de la carte), dans le coin nord-ouest;
- le bassin de la Vesdre, au nord-est de la carte, occupe une très petite superficie de la carte, environ 2 % (soit 2,5 km²).

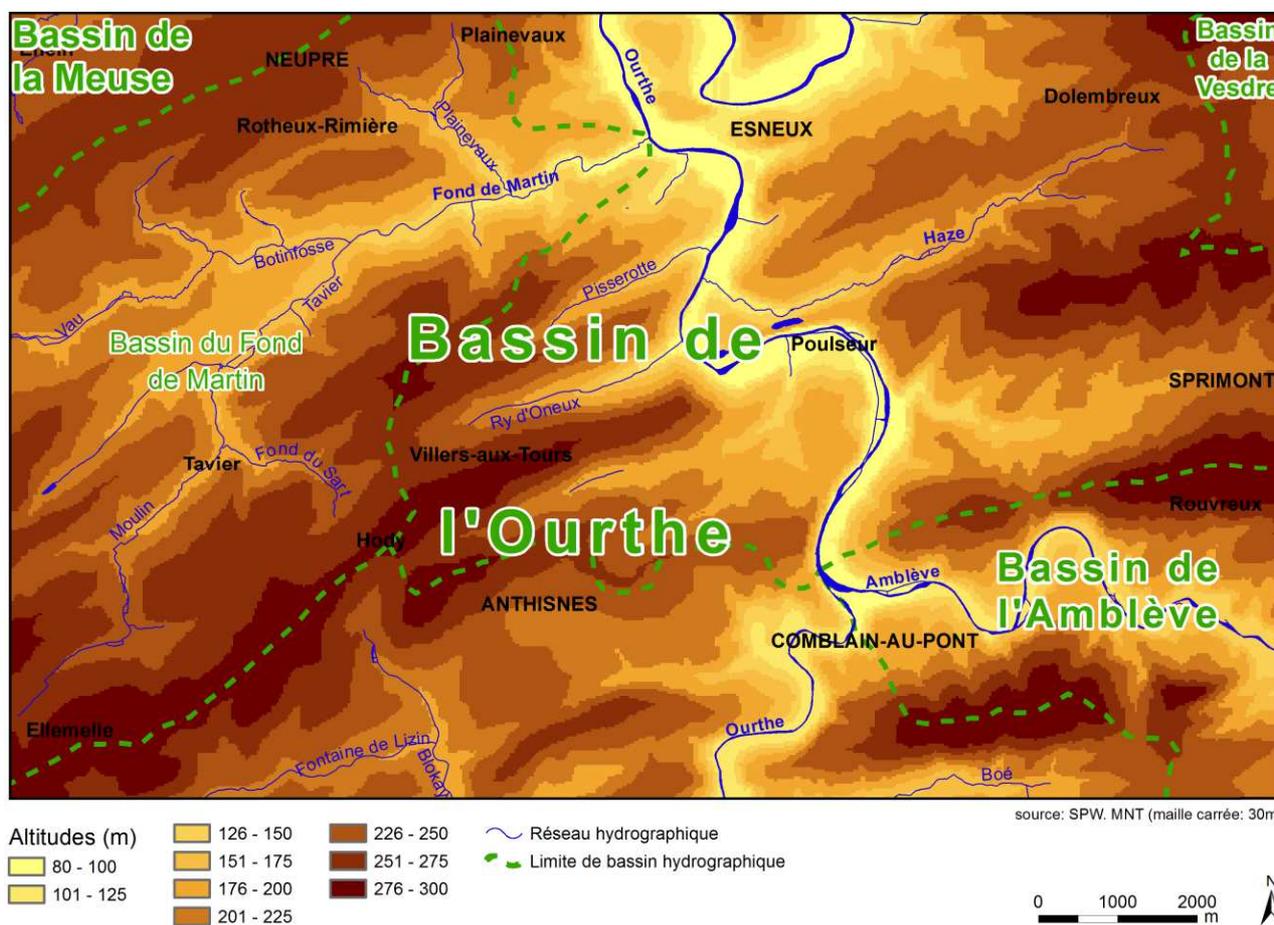


Figure II.2: Relief, bassins-versants, rivières – Tavier-Esneux

La nature du sous-sol et du sol influencent le relief et les paysages ainsi que l'affectation du sol. La carte des types de sols (Figure II.3) reflète bien la géologie de la région de Tavier-Esneux. Les grandes structures géomorphologiques s'y lisent aisément. La succession des tiges et des chavées ressort nettement sur la carte pédologique. Cette carte indique une prépondérance des sols limono-caillouteux. La nature de la charge caillouteuse des sols est directement liée à la roche-mère. Les sols à charge schisteuse, psammitique ou schisto-psammitique sont situés au

droit des crêtes gréseuses du Condroz. Les sols à charge calcaire se retrouvent davantage au droit des formations carbonatées. D'une manière générale, sur l'ensemble de la carte, le drainage naturel est favorable, sauf la zone septentrionale où les sols reposant sur le Dévonien inférieur présentent un drainage modéré à imparfait, voire pauvre. Les alluvions des fonds des vallées se détachent également sur la carte pédologique (trame grise). Les données sont extraites de la Carte Numérique des Sols de Wallonie²(CNSW, 2007).

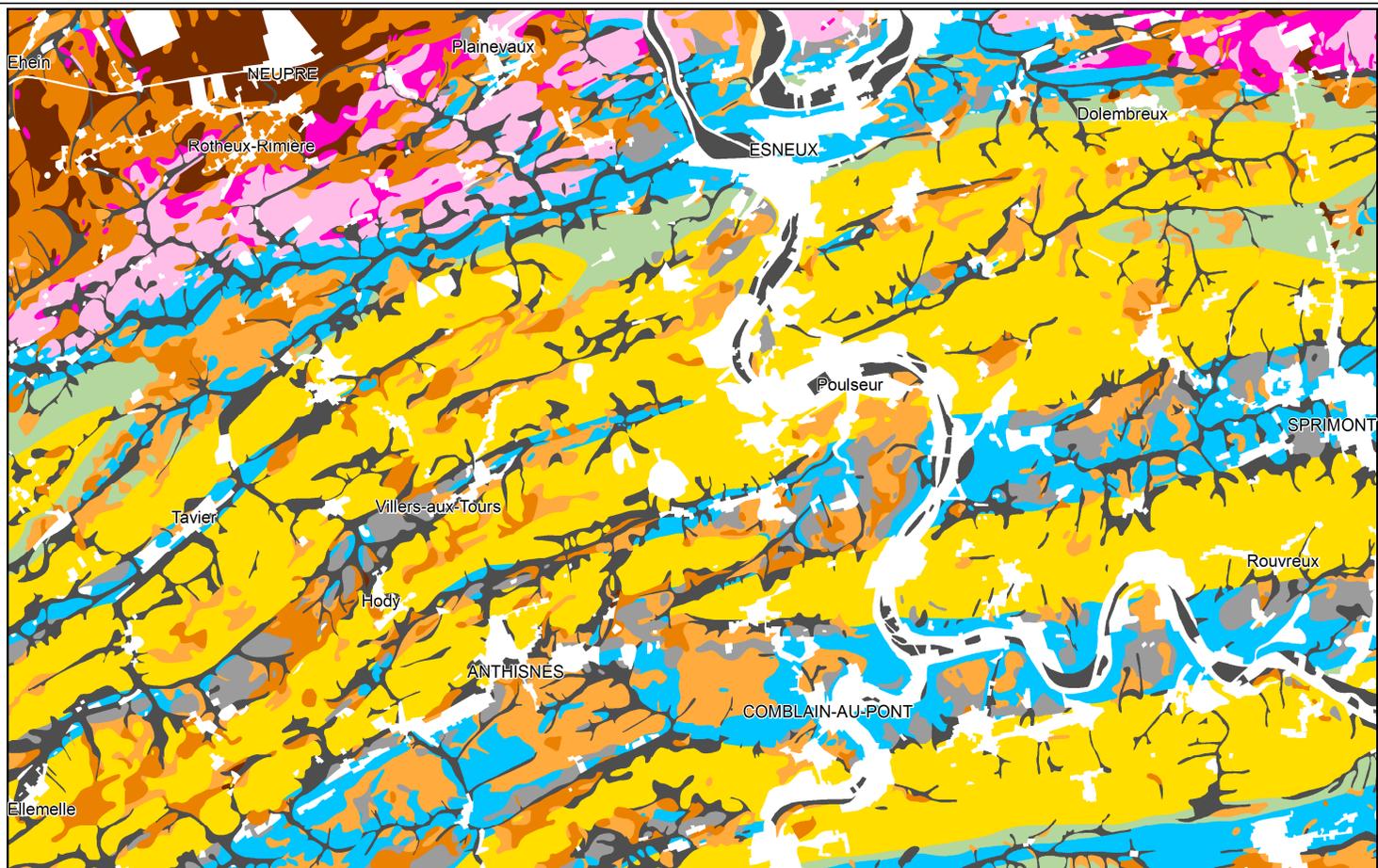
La figure II.4 représente la carte d'occupation du sol de la région de Tavier-Esneux (répartition selon les 6 classes du niveau 1). Ces données sont extraites de la carte numérique de l'occupation du sol wallon³. Les espaces agricoles occupent un peu plus de la moitié de la superficie de la carte et les forêts un quart (tableau II.1). Les territoires agricoles sont composés pour environ d'un quart de terres arables (labours) et de trois-quarts de surfaces enherbées (prairies). Historiquement, l'habitat est groupé en villages et hameaux et s'étire le long des tiges. Cependant, suite à l'urbanisation croissante, un important développement du bâti s'opère aussi le long des axes routiers. La catégorie "Territoires artificialisés" ne comprend pas exclusivement les zones d'habitat. Ainsi, les carrières, y compris les activités industrielles et artisanales liées et les zones d'extension, situées dans les vallées de l'Ourthe et de l'Amblève sont incluses dans ce groupe.

Tableau II.1: Répartition de l'occupation du sol –Tavier-Esneux

Territoires artificialisés (dont les zones d'activité extractive)	31,1 km ²	20 %
Territoires agricoles	85,8 km ²	54 %
Forêts et milieux semi-naturels	41,1 km ²	25 %
Surface en eau	2 km ²	1 %
Zones humides	606 m ²	-

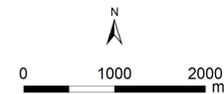
² Pour plus d'informations, consulter <http://cartopro3.valid.wallonie.be/CIGALE/>

³ La Carte de l'Occupation du Sol en Wallonie (COSW) est dressée au 1/10 000. Elle est basée sur les données cartographiques vectorielles 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>



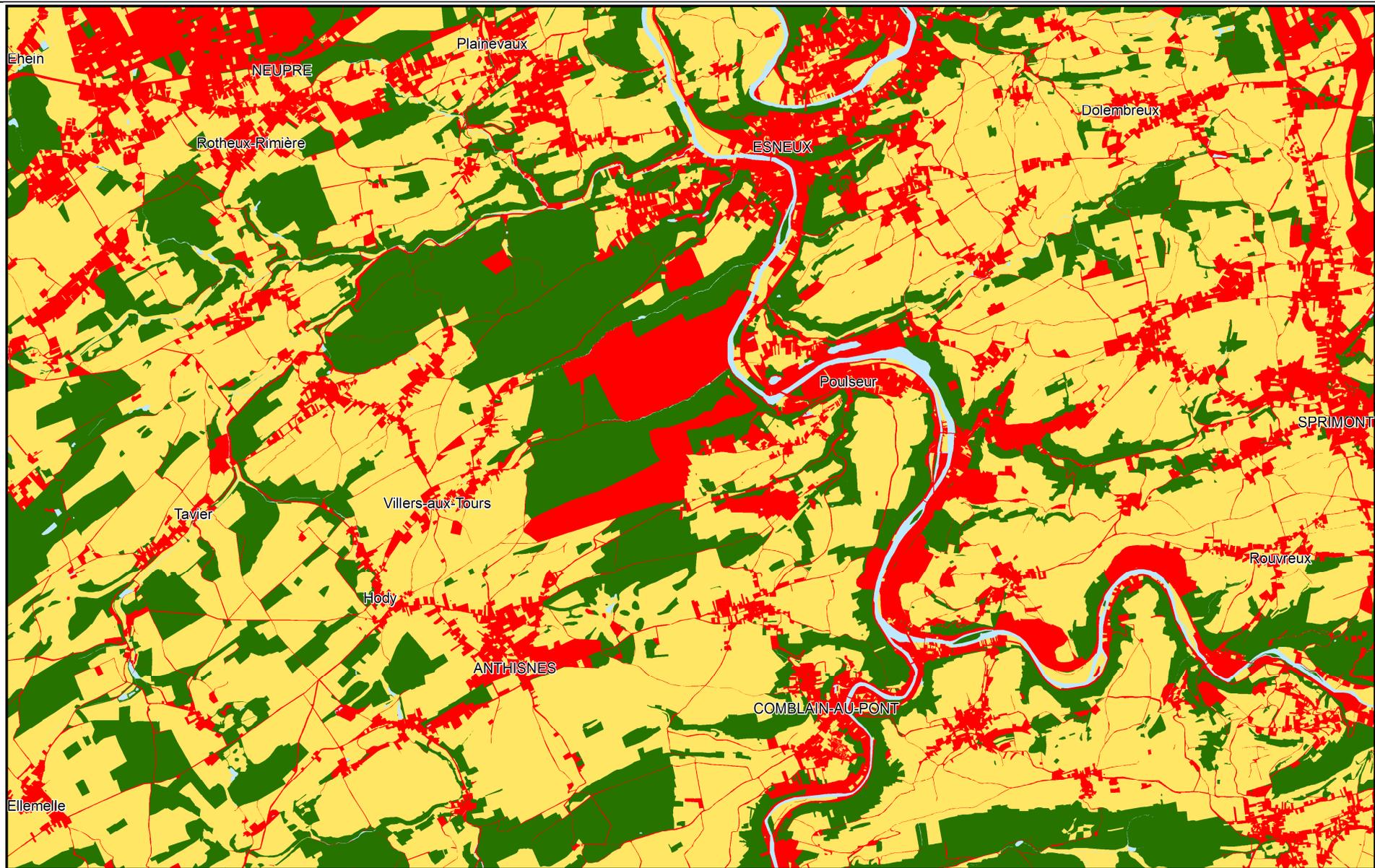
- Sols tourbeux ou tourbières
- Sols sablo-limoneux à drainage naturel principalement favorable
- Sols limoneux à drainage naturel favorable
- Sols limoneux à drainage naturel modéré ou imparfait
- Sols limoneux à drainage naturel assez pauvre à très pauvre
- Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse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

Type de sol



Sources des données : Copyright • SPW- 150210-0905

Figure II.3: Carte des types de sol – Tavier-Esneux



Occupation du sol - Niveau 1

- Territoires artificialisés
- Territoires agricoles
- Forêts et milieux semi-naturels
- Zones humides
- Surfaces en eau

Sources des données : Copyright • SPW- 150210-0905



Figure II.4: Carte de l'occupation du sol –Tavier-Esneux

III. CADRE GEOLOGIQUE

III.1. CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL

La carte Tavier-Esneux se situe dans la partie nord-est du Synclinorium de Dinant (Figure III.1). Cette mégastructure géologique est composée de formations sédimentaires dévono-carbonifères. Elle comprend deux zones synclinales séparées par un axe anticlinal de Philippeville à Durbuy. Dans le Condroz, le Synclinorium de Dinant est caractérisé par une succession d'anticlinaux gréseux à cœur famennien et de synclinaux calcaires carbonifères. Ces formations dévono-carbonifères ont été plissées et faillées lors de l'orogénèse varisque à la fin du Westphalien. Lors de cette phase orogénique, le Synclinorium de Dinant a été charrié vers le nord sur le Parautochtone brabançon par le jeu de la Faille du Midi. Le Synclinorium de Dinant est limité au sud par l'Anticlinorium de l'Ardenne (Boulvain et Pingot, 2011).

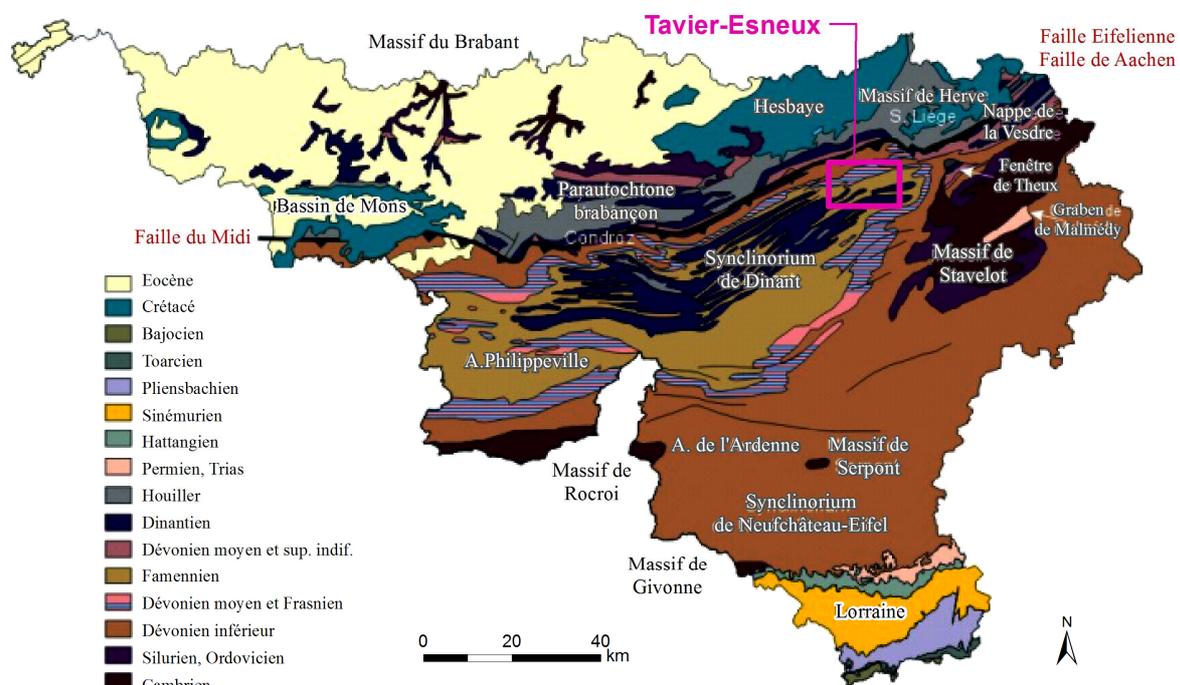


Figure III.1: Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2011; modifié)

III.2. CADRE GEOLOGIQUE DE LA CARTE

Les formations géologiques rencontrées à l'affleurement sur la carte Tavier-Esneux sont constituées de roches datant du Praguien au Viséen. Elles appartiennent au flanc nord oriental du Synclinorium de Dinant. Après avoir subi l'orogénèse varisque, elles ont été érodées et pénéplanées. Des sédiments meubles, argilo-sableux, d'âge paléogène-néogène ont été piégés dans les paléokarsts. Les dépôts quaternaires sont aussi présents sous forme de dépôts limoneux (loess), de produits d'altération, d'éboulis de pentes, de colluvions ou d'alluvions anciennes et modernes dans les vallées.

La description lithologique des formations et du cadre structural fait référence à la nouvelle carte géologique Tavier-Esneux au 1/25.000 dressée par Bellière et Marion (sous presse) et la nouvelle échelle lithostratigraphique de Belgique (Bultynck & Dejonghe, 2001) . Cette carte géologique sert de fond à la carte hydrogéologique.

III.2.1. Cadre litho-stratigraphique

III.2.1.1. Formations du Paléozoïque

III.2.1.1.1 Dévonien

L'échelle litho-stratigraphique de la région de Tavier-Esneux démarre avec le Dévonien inférieur, entièrement terrigène. Ces formations affleurent uniquement dans le coin nord-ouest de la carte (Neupré-Plainevaux) et un peu dans le coin nord-est (Figure III.2). Ensuite, on trouve le Dévonien moyen avec ses formations carbonatées du Givetien. Cette série affleure en bordure du Synclinorium de Dinant, dans la partie septentrionale de la carte et également sur une petite surface au sud-est (Figure III.2). Le Frasnien et le Famennien clôturent ce système (Dévonien supérieur), avec leurs sédiments détritiques terrigènes.

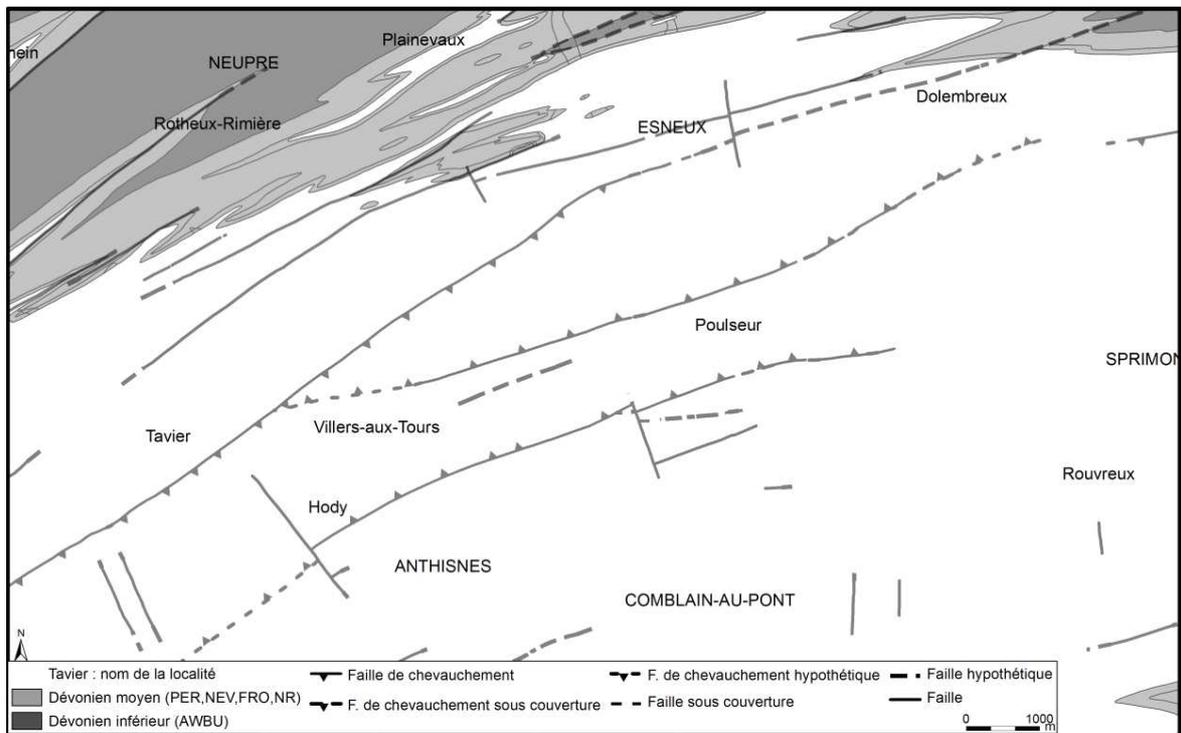


Figure III.2: Zones d'affleurement du Dévonien inférieur et moyen sur la carte Tavier-Esneux

Praquien-Emsien

Sur la carte Tavier-Esneux, trois formations du Dévonien inférieur sont présentes mais affleurent très peu. Dès lors, tracer leurs contours ou même les distinguer est compliqué. Ainsi, elles ont été regroupées par les géologues-cartographes de cette carte: **regroupement des Formations d'Acoz, de Wépion et de Burnot (AWBU)**. Les descriptions lithographiques se rapportent à la coupe de la vallée du Hoyoux (sud de Huy) (Mottequin et Marion, sous presse).

- *Formation d'Acoz*: alternance de schistes et de siltites généralement rouges et de quartzites rouges ou verts en bancs décimétriques à métriques. Epaisseur: environ 400 m.
- *Formation de Wépion*: quartzites gris à verts, en bancs pluridécimétriques. Cet ensemble est entrecoupé de niveaux de schistes et de shales de teinte grise, verte ou rouge. Epaisseur: 400 m.
- *Formation de Burnot*: alternance de quartzites rouges et de poudingues rouges. Les éléments du poudingue sont constitués de quartzites et de tourmaline. Epaisseur: de 0 à quelques mètres dans le nord de la carte Tavier-Esneux.

Eifelien

Seule la **Formation de Pépinster (PER)** représente cet étage du Dévonien moyen. La partie inférieure est composée de grès et de quartzites verts et gris et peut contenir des bancs de poudingue de teinte claire. La partie supérieure est constituée de siltites et de grès silteux de couleur rouge, ainsi qu'un niveau de poudingue rouge à éléments pluridécimétriques. L'épaisseur de cette formation est de l'ordre de 100 m dont environ 2/3 pour la partie gréseuse.

Givetien

Trois formations composent le Givetien de la carte Tavier-Esneux. Elles affleurent sur deux zones, correspondant à deux aires de sédimentation différentes, situées sur les deux flancs opposés du Synclinorium de Dinant, de part et d'autre de sa zone d'envoyage nord-est. Sur le flanc nord-ouest du Synclinorium (nord de la carte), les Formations de Névremont et du Roux, très peu épaisses, sont regroupées. Sur le flanc sud-est du Synclinorium (sud de la carte), la Formation de Névremont, plus épaisse, est bien identifiée. La Formation de Fromelennes, dépôt typique du Givetien du bord sud du Synclinorium de Dinant, lui succède (Bellière et Marion, sous presse).

- La **Formation de Névremont (NEV)** est composée, à sa base, de quelques bancs de quartzites blancs ou roses, à grain grossier et localement graveleux. Cet horizon est surmonté de calcaires, généralement à grain fin, gris ou bleu-noir, parfois quartzitiques, en bancs pluridécimétriques. Son épaisseur varie selon l'aire de sédimentation: au nord, environ 20 m et au sud une centaine de mètres sur la carte voisine (mais seule la partie supérieure de la formation figure sur la carte Tavier-Esneux).
- La **Formation du Roux (ROU)** est formée d'une alternance de roches diverses en bancs décimétriques, parfois pluridécimétriques: dolomies fines, calcaires et calcschistes quartzeux, siltites, grès carbonatés. Son épaisseur est variable, généralement d'une vingtaine de mètres.
- La **Formation de Fromelennes (FRO)** débute par quelques mètres de quartzites, de grès et de siltites plus ou moins carbonatés. Ensuite, elle est formée par des calcaires, gris clair ou foncé, à grain fin, en bancs souvent pluridécimétriques. Son épaisseur est de l'ordre de 80 m.

Frasnien

Comme le Givetien, le Frasnien, sur la carte Tavier-Esneux, affleure sur les flancs du Synclinorium de Dinant. Plusieurs formations, essentiellement carbonatées, le composent. A la base du Frasnien, se trouve la Formation de Lustin. Elle repose sur un horizon, peu épais, de calcaires argileux et de schistes carbonatés, grossièrement noduleux, au bord nord de la carte. Il s'agit de la **Formation de Presles**. Au bord sud de la carte, elle repose sur quelques mètres de schistes fins verts de la **Formation de Nismes**. Cette dernière caractérise la base du Frasnien sur toute la bordure méridionale du Synclinorium de Dinant. La faible épaisseur de ces deux dépôts n'en permet pas la cartographie. Ces formations sont donc regroupées cartographiquement avec la Formation du Lustin.

- La **Formation de Lustin (LUS)** est essentiellement calcaire. Sa partie inférieure, *Membre récifal*, d'épaisseur métrique à plurimétrique, est composée de bancs épais de calcaire corallien (biostromes). Entre ces bancs, sont intercalées des couches, décimétriques à pluridécimétriques, de calcaire à grain fin souvent laminaire. Localement, on peut observer un banc de calcaire nodulaire argileux. Sa partie supérieure, *Membre calcaire lagunaire*, est formée de calcaires à grain fin, parfois laminaires, disposés en bancs décimétriques à pluridécimétriques. L'épaisseur de cette formation est comprise entre 90 m (bord nord de la carte) et 130 m (sur le bord sud).

- La **Formation d'Aisemont (AIS)** présente deux faciès différents selon la zone d'affleurement considérée sur la carte Tavier-Esneux. Au bord nord de la carte (flanc nord du Synclinorium de Dinant), deux parties, d'une dizaine de mètres chacune, composent la formation. Tout d'abord, quelques bancs de calcaire argileux, souvent très fossilifères (1^{er} biostrome), sont surmontés par des schistes verts, parfois un peu calcaireux. Ensuite, on observe des calcaires parfois noduleux, souvent biostromaux en bancs pluridécimétriques (2^d biostrome). Sur le bord sud de la carte (flanc sud du Synclinorium), le membre schisteux s'épaissit pour atteindre une cinquantaine de mètres. Ensuite, le membre calcaire, à caractère fortement biostromal, conserve le faciès typique du second biostrome d'Aisemont. Ainsi, ce faciès global nettement plus argileux annonce le passage à la Formation de Neuville (schistes à nodules calcaires et schistes francs). Dès lors, dans la partie sud-est de la carte, une *zone de transition entre les Formations d'Aisemont et de Neuville (AN)* a été définie (Bellière et Marion, sous presse). L'épaisseur de la Formation d'Aisemont varie entre environ 30 m, dans le nord de la carte, et environ 75 m dans le sud.

Famennien

- Les dépôts détritiques terrigènes du Famennien débutent avec le **Groupe de la Famenne (FAM)**. Son épaisseur sur la carte Tavier-Esneux est de l'ordre de 180 m, maximum. Ce groupe englobe deux formations:
 - La **Formation de Hodimont** (Famennien inf.). Constituée de schistes (siltites) micacés, gris vert, en bancs décimétriques à pluridécimétriques, avec localement des nombreux nodules et lentilles calcaires, ainsi que plusieurs niveaux d'hématite oolithique. Son épaisseur est de quelques dizaines de mètres à une centaine de mètres.
 - La **Formation de Lambermont** (Frasnien sup.). Essentiellement schisteuse, elle renferme cependant dans sa partie inférieure un niveau formé par des calcaires noduleux rouges à verts. La puissance de cette formation est de l'ordre de quelques dizaines de mètres (50 m au maximum).
- La **Formation d'Esneux (ESN)** est un ensemble de grès à grain très fin et de siltites plus ou moins arénacées, micacées, de teinte gris verdâtre disposés en bancs minces (quelques centimètres). Ces roches étaient appelées, autrefois, "psammites stratoïdes". Son épaisseur est estimée à 125 m.
- La **Formation de Souverain-Pré (SVP)** est composée de siltites renfermant des nodules calcaires, blocs de quelques centimètres de calcaire crinoïdique. Son épaisseur est variable, d'une dizaine de mètres à une trentaine de mètres.
- La **Formation de Comblain-la-Tour (CLT)** est majoritairement composée de grès micacés en bancs pluricentimétriques/décimétriques à lits arkosiques interstratifiés avec des bancs pluricentimétriques de matériaux plus argileux et micacés. Son épaisseur est variable, comprise entre une soixantaine de mètres et 124 m à Comblain-la-Tour. Elle est cartographiée avec la formation sus-jacente (MFT).
- La **Formation de Montfort (MFT)** est formée par des microquartzites arkosiques micacés, souvent dolomitiques, en bancs d'épaisseur variable. Des intercalations, souvent minces, de

niveaux silteux ou pélitiques et parfois de dolomie sont observées. Trois membres y ont été distingués. De bas en haut, on a le Membre de Bon-Mariage, le Membre de La Gombe et le Membre de Barse. La puissance de cette formation varie entre 125 et 175 m.

- Dans les grès de la **Formation d'Evieux (EVX)**, les intercalations silteuses ou pélitiques sont de plus en plus abondantes. Ces grès et siltites alternent vers le haut avec des grès calcaireux et des calcaires. La formation est divisée en trois membres: le Membre de Royseux, le Membre de Fontin et le Membre de Crupet. Son épaisseur est de l'ordre de 150 à 200 m.
- La **Formation de Comblain-au-Pont (CLP)**, équivalente à la Formation d'Etroeungt (partie orientale du Synclinorium de Dinant), est constituée de shales et de siltites micacés verts qui alternent avec des grès micacés, argileux ou carbonatés. Son épaisseur est estimée à une cinquantaine de mètres. Elle est cartographiée, sur la carte Tavier-Esneux, avec la formation sous-jacente (EVX).

Les *Formations de Comblain-la-Tour, de Montfort, d'Evieux, de Comblain-au-Pont* ont été regroupées, par les géologues-cartographes, sous le vocable "**Regroupement CMEC**". La puissance totale de ce regroupement, sur la carte Tavier-Esneux, est comprise entre 300 et 400 m. Cet ensemble est essentiellement gréseux et quartzitique avec, vers le haut, quelques niveaux plus silteux et au sommet quelques horizons de grès calcaireux et de calcaires.

Pour mémoire, le *Groupe du Condroz*, autrefois désigné par l'expression "Psammites du Condroz", englobe les formations suivantes: Esneux, Souverain-Pré, Comblain-la-Tour, Montfort, Evieux.

III.2.1.1.2 Carbonifère

La sédimentation du Carbonifère commence par des dépôts carbonatés du Dinantien et devient terrigène au Silésien (absent sur la carte Tavier-Esneux). Au Tournaisien, un faciès carbonaté marin de type épicontinental s'installe progressivement avec à la base des shales et des calcaires en alternance. Au Viséen, le faciès est nettement plus carbonaté avec des passages dolomités. Le Houiller se caractérise par le retour à un faciès schisto-gréseux de type paralique et riche en matières carbonées.

Plusieurs aires de sédimentation du Dinantien sont observées au sein de la plate-forme carbonatée, située au sud du Massif du Brabant. La carte de Tavier-Esneux appartient à l'aire de sédimentation du Condroz (ASC)(Hance et al, 2001).

Hastarien (Tournaisien)

- Cet étage débute avec la **Formation d'Hastière (HAS)** et ses calcaires crinoïdiques stratifiés en bancs pluridécimétriques à métriques. Son épaisseur est d'une vingtaine de mètres. Les calcaires de la **Formation de Landelies (LAN)** sont analogues, avec une épaisseur d'une soixantaine de mètres.

- Entre ces deux formations carbonatées, se trouvent les shales calcaireux de la **Formation de Pont d'Arcole (PDA)**. Son épaisseur est relativement réduite, environ une dizaine de mètres.

Ces trois formations sont cartographiées ensemble sur la carte Tavier-Esneux et sont désignées sous le vocable "**Regroupement HPLA**" en raison de la forte similitude entre les Formations d'Hastière et de Landelies et la faible épaisseur de la Formation de Pont d'Arcole. L'épaisseur globale est de l'ordre de 90 m.

Ivorien (Tournaisien)

- La **Formation d'Yvoir (YVO)** renferme des calcaires gris-bleu en bancs pluridécimétriques à métriques et est marquée par la présence de cherts noirs de taille variable. Le sommet de la formation peut comporter une épaisseur de quelques mètres de calcaire dolomitique pauvre en cherts. Son épaisseur est de 55 m.
- La **Formation de l'Ourthe (OUR)** est composée de calcaire, en bancs épais, majoritairement constitué de débris de crinoïdes. Elle est dépourvue de cherts. Il s'agit d'une encrinite, connue sous le nom commercial de "Petit Granit". Son épaisseur, sur la carte Tavier-Esneux, varie entre 35 et 47 m.
- Les calcaires gris-bleu à noirs contenant de nombreux cherts noirs et en bancs pluridécimétriques de la **Formation de Martinrive (MRT)** sont semblables à ceux de la Formation d'Yvoir, avec un grain plus fin cependant. La partie supérieure de la formation est moins riches en cherts et crinoïdes et plus ou moins dolomitisée. Son épaisseur est comprise entre 40 et 50 m.

Moliniacien (Viséen)

- La **Formation de Longpré (LPR)** est composée de deux membres. La partie inférieure, Membre de Flémalle, est un calcaire riche en débris de crinoïdes, en bancs épais, et plus ou moins transformé en une dolomie saccharoïde brunâtre. La partie supérieure, Membre des Avins, ici très mince, est formée de calcaires grenus en bancs massifs, pauvres en crinoïdes et plus ou moins dolomitisés. L'épaisseur de la formation est de l'ordre de 40 à 50 m.
- La **Formation de Terwagne (TER)** est caractérisée par des calcaires à grain fin en bancs décimétriques à pluridécimétriques et localement dolomitisés. Sa puissance est environ 100 à 110 m.
- La **Formation de Neffe (NEF)** clôture cet étage. Elle est composée de calcaires grenus en bancs métriques à plurimétriques d'aspect massif, parfois dolomitisés à la base de la formation. Son épaisseur est comprise entre 20 et 30 m.

Livien (Viséen)

- La **Formation de Lives (LIV)** est constituée de calcaires à grain fin à grossier en bancs décimétriques à pluridécimétriques. Son épaisseur est d'une centaine de mètres.

- S'étendant sur deux étages du Viséen (Moliniacien et Livien), la **Brèche de la Belle Roche (BBR)** résulte d'un effondrement des calcaires viséens, suite à la dissolution d'évaporites et, donc n'est pas une unité lithostratigraphique *sensu stricto*. Les éléments de cette masse de brèche sont constitués de calcaires ou de dolomies provenant des Formations de Terwagne, de Neffe et de Lives, anguleux et de toutes tailles (de quelques mm à plusieurs m). Le ciment est sparitique ou micritique. Son épaisseur est difficile à estimer, probablement irrégulière, sans doute de l'ordre de 200 m.

Sur une zone, longue d'environ 3,5 km, de la partie occidentale du cœur du synclinal de Comblain-au-Pont, la Brèche de la Belle Roche et les Formations de Terwagne, de Neffe et de Lives ont été cartographiées sous la dénomination "**Regroupement BTNL**".

III.2.1.2. Formations du Cénozoïque

III.2.1.2.1 Paléogène

Il subsiste quelques **dépôts sableux (SBL)** datant de l'Oligocène. Ils comblent les paléokarsts affectant les calcaires carbonifères. Ces dépôts, assez hétérogènes, sont composés de sables blancs ou ocres, de granularités diverses, éventuellement associés à des graviers à éléments centimétriques. Ces poches n'ont, en général, qu'une faible extension et leur épaisseur est très variable (quelques mètres à plus de 10 m). De plus, ils sont souvent cachés sous la couverture limoneuse. Ainsi toutes les occurrences ne sont peut-être pas cartographiées.

Des blocs épars isolés de quartzite pouvant atteindre des dimensions métriques sont observés très localement sur le territoire de la carte Tavier-Esneux, entre autres aux alentours d'Ellemelle (Ouffet). Ils ne sont pas repris sur la carte hydrogéologique.

III.2.1.2.2 Quaternaire

Plusieurs terrasses fluviales ont été repérées dans les vallées de l'Ourthe et de l'Amblève. Ces **alluvions anciennes (ALA)** sont formées essentiellement de graviers roulés. Leur extension est généralement mieux connue côté vallée que côté versant où ces dépôts fluviaux sont cachés par la couverture limoneuse et, les produits éluviaux et colluviaux. Leur épaisseur est variable, allant de quelques décimètres à quelques mètres.

Les **alluvions modernes (AMO)**, localisées dans les fonds de vallée, sont formées de limon argileux, de silt, de sable et de gravier. Leur épaisseur est très variable, de quelques décimètres à un ou deux mètres.

D'**autres dépôts quaternaires** sont aussi observés sur la carte Tavier-Esneux. Ils ne sont pas cartographiés sur la carte hydrogéologique. Une couverture constituée par des limons d'origine éolienne (lœss) s'étend sur l'ensemble de la région avec des épaisseurs variables selon l'endroit (pente douce ou replat et pente raide). Répartis au travers de la carte, des formations anthropiques, notées par la lettre X, sont également observées (remblais, décharges...), ainsi que des éboulis, dépôts de pente et colluvions.

III.2.2. Cadre structural

La carte de Tavier-Esneux est localisée dans la partie nord-orientale du Synclinorium de Dinant, vaste structure allochtone plissée coupée de failles longitudinales et transversales. La partie centrale du Synclinorium de Dinant (Condroz), occupée par les formations famenniennes et dinantiennes, est marquée par deux synclinaux majeurs à cœur viséen (Comblain et Chanxhe). Les flancs nord et sud du Synclinorium de Dinant, formés de roches d'âge dévonien inférieur, eifélien, givetien et frasnien, ont des particularités structurales relativement similaires mais elles diffèrent nettement des traits structuraux observés dans le Condroz (Figure III.3).

Le plissement montre une virgation. En effet, un changement de direction des plis est observé entre les régions est et ouest de la carte. Il s'opère le long d'une bande, orientée NNE-SSW, voisine du cours de l'Ourthe. A l'est de cette ligne, les axes des plis sont orientés E-W. Vers l'ouest, ils passent à une orientation approximativement N60°E. Ce changement ne s'est pas effectué de manière similaire sur l'ensemble du territoire de la carte Tavier-Esneux, tantôt progressif, tantôt discontinu avec des plis secondaires et failles (dispositions en relais des plis). Dès lors, on peut observer une certaine discontinuité dans la structure géologique, des plis ne se poursuivant pas de la région orientale à la région occidentale.

Entre le centre du Synclinorium de Dinant et son flanc nord (Dévonien moyen), la structure géologique présente un style différent. Le cœur du Synclinorium de Dinant présente des plis ouverts avec une vergence générale vers le nord. Les flancs sud des synclinaux sont verticaux, voire renversés, et tandis qu'un pendage de 45° à 50°S est observé pour les flancs nord. Les plis secondaires sont très rares, ainsi dans le cœur des anticlinaux (MFT), les couches sont organisées en larges plateaux. Par contre, le flanc nord du Synclinorium de Dinant montre des plis très serrés, à charnières aiguës souvent faillées et à vergence apparemment sud. Les couches sur les flancs des plis sont presque partout redressées.

Outre les plis, la région est intensément fracturée. Trois types d'accidents tectoniques peuvent être distingués:

- les failles inverses d'attitude longitudinale, parallèles à la direction des plis. Elles sont surtout observées dans les régions à plis serrés, que sont les deux flancs du Synclinorium de Dinant. D'âge varisque, elles sont contemporaines au plissement.
- les failles longitudinales de chevauchement d'importance majeure. D'âge tardi-varisque, postérieur au plissement, elles sont au nombre de trois sur la carte Tavier-Esneux, du nord au sud (Figure III.3):
 - Faille de Pepinster, dont le compartiment sud chevauche le compartiment nord. Cet accident de grande extension a été identifié à l'est dans la *Nappe* de la Vesdre (Laloux *et al.*, 1997; Hance *et al.*, 1999).
 - Faille de Villers-aux-Tours, dont le compartiment nord chevauche le compartiment sud. Vers l'ouest, elle est coupée par la faille de Pepinster.

- Faille de Hody dont le chevauchement s'opère, comme la précédente, du nord vers le sud. Elle traverse presque toute la carte et s'amortit vers l'est, au-delà de la vallée de l'Ourthe.
- les failles transverses, dont la direction est sub-perpendiculaire à celle des plis, donc orientées N-S et NW-SE. Ces failles sont sub-verticales et d'extension limitée, et postérieures au plissement varisque. Ces failles sont, généralement, mises en évidence par l'étude des linéaments ou par la prospection géophysique (LGIH, 1989a; LGIH, 1989b; Robert & Nguyen, 2007).

Dans la partie nord et nord-ouest de la carte, il semble que moins de failles soient cartographiées que ce qui existe très probablement. A chaque pli, on peut associer une faille (comm.pers., J-M Marion, 2015).

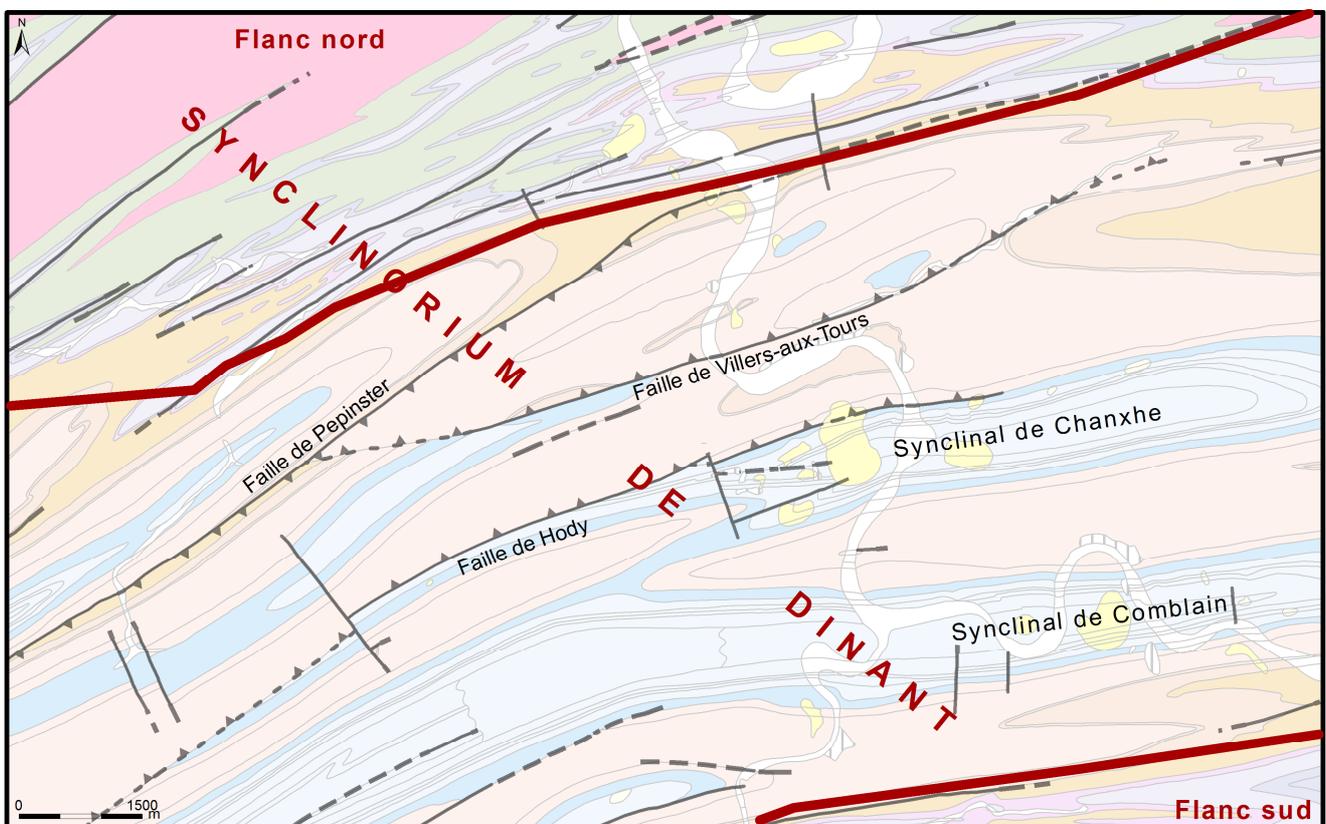


Figure III.3: Schéma structural du socle de la carte Tavier-Esneux

Liées à la géologie (tant la lithologie que la tectonique), trois régions naturelles sont distinguées sur la carte Tavier-Esneux. Du nord au sud:

- le Condroz ardennais avec les terrains terrigènes du Dévonien inférieur du flanc nord du Synclinorium de Dinant;
- le Condroz, *sensu stricto*, avec l'alternance des crêtes schisto-gréseuses du Famennien et des dépressions calcaires du Carbonifère;
- l'amorce de la Calestienne avec les calcaires dévoniens du flanc sud du Synclinorium de Dinant.

IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE

Les ressources en eau souterraine de la carte Tavier-Esneux sont essentiellement logées dans les aquifères calcaires du Carbonifère et dans les aquifères gréseux du Famennien. Sur le territoire de la carte, on dénombre peu de prises d'eau publiques toujours en activité. Quelques captages de la SWDE, sollicitant la nappe des grès famenniens, sont exploités pour alimenter la population locale. Dans le Dévonien moyen et inférieur, on observe un aquifère logé dans les calcaires givetiens et localement des nappes dans les horizons schisto-gréseux du Praguien-Emsien-Eifelien. Les plaines alluviales de l'Ourthe et de l'Amblève peuvent aussi constituer ponctuellement des réservoirs d'eaux souterraines exploitables. Les quelques dépôts sableux du Cénozoïque ne présentent pas de réelles potentialités aquifères, leur extension étant très limitée. Les limons, épais de quelques mètres, jouent un rôle protecteur lors de l'infiltration des eaux météoriques. Cependant, cette couverture limoneuse n'est pas uniforme sur l'ensemble de la carte

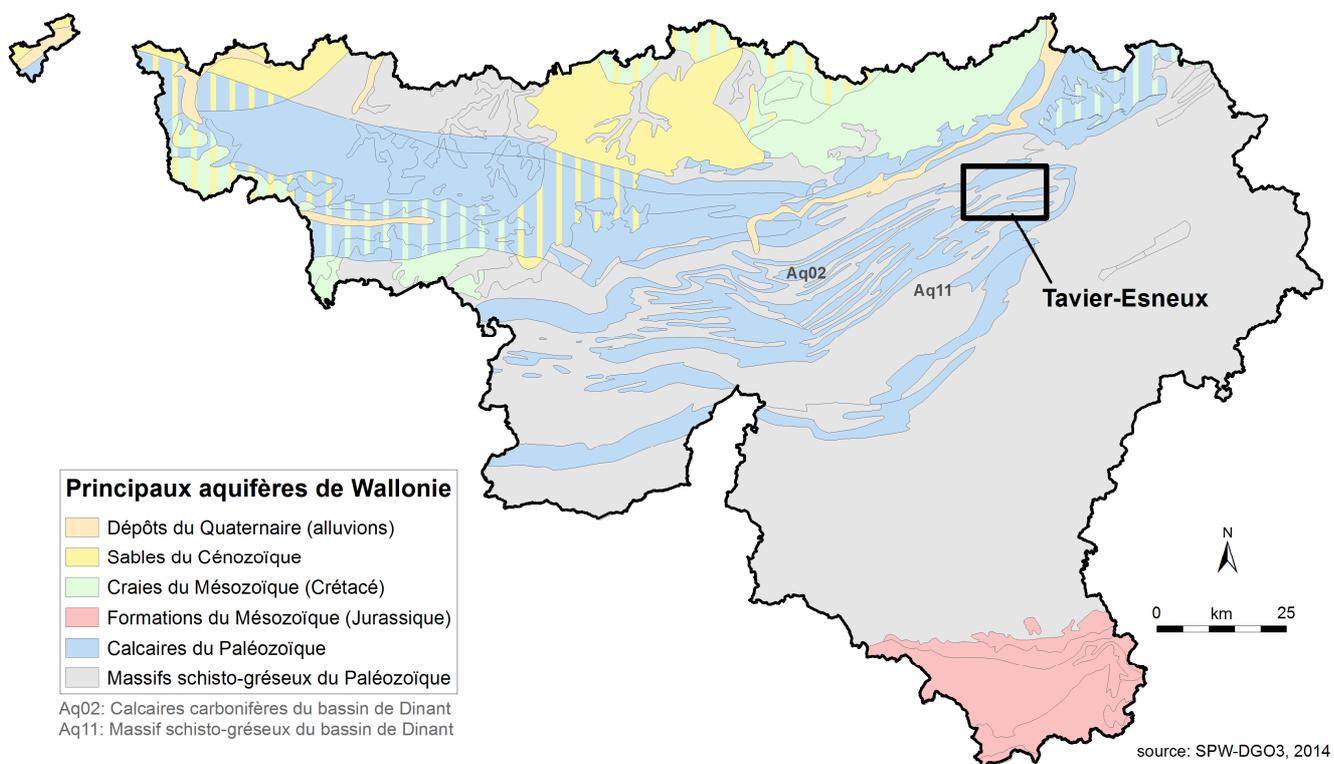


Figure IV.1: Principaux aquifères de Wallonie – Carte de Tavier-Esneux (SPW-DGO3, 2014; modifié)

Quelle que soit la formation géologique, l'eau souterraine 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 d'exploitation des différentes unités hydrogéologiques. 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.

Les unités hydrogéologiques définies sur la carte Tavier-Esneux sont décrites ci-dessous dans l'ordre stratigraphique. Elles sont reprises de manière synthétique dans le tableau IV.1, en fin de chapitre.

IV.1.1. Unités hydrogéologiques du Dévonien

IV.1.1.1. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

La masse principale de cette unité hydrogéologique est formée de quartzites. Plusieurs niveaux de siltites et de schistes y sont également répertoriés, ainsi que quelques niveaux de poudingue. Elle présente des potentialités aquifères intéressantes à l'échelle très locale, justifiant son appellation en termes d'aquitard à niveaux aquifères. Trois formations, regroupées cartographiquement, composent cette unité hydrogéologique: le regroupement des Formations d'Acoz, de Wépion et de Burnot.

IV.1.1.2. Aquitard de l'Eifelien

Bien qu'aussi datée du Givetien, la Formation de Pépinster compose cette unité hydrogéologique. L'aquitard de l'Eifelien est constitué de siltites et de grès silteux dans sa partie supérieure, et dans la partie inférieure des grès et des quartzites. Des bancs de poudingue sont observés au sein de cette formation. Les conductivités hydrauliques au sein de cet ensemble peuvent varier fortement d'un niveau à l'autre, globalement cela justifie leur classification en termes d'aquitard.

IV.1.1.3. Aquifère des calcaires du Givetien

Les formations carbonatées du Dévonien des flancs nord et sud du Synclinorium de Dinant 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.

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.

Essentiellement constitué de calcaires, l'aquifère des calcaires du Givetien est composé par les Formations de Névremont, du Roux et de Fromelennes. Les roches carbonatées du Givetien forment un important système aquifère où la circulation des eaux souterraines peut être localement réduite en présence des passées plus schisteuses dans la Formation du Roux.

L'aquifère des calcaires du Givetien est séparé de l'aquifère des calcaires du Frasnien (IV.1.1.4) par un mince aquitard-aquiclude (Formations de Presles-Nismes). Ce niveau moins perméable n'a pu être cartographié de manière distincte, vu sa faible épaisseur.

IV.1.1.4. Aquifère des calcaires du Frasnien

Comme exposé dans le paragraphe précédent, les formations carbonatées du Dévonien des flancs nord et sud du Synclinorium de Dinant 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 par la Formation de Lustin, seule représentante calcaire de cet étage sur la carte Tavier-Esneux.

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.

L'aquifère des calcaires du Frasnien est séparé de l'aquifère des calcaires du Givetien (IV.1.1.3) par un mince aquitard-aquiclude (Formations de Presles-Nismes). Ce niveau moins perméable n'a pu être cartographié de manière distincte, vu sa faible épaisseur.

IV.1.1.5. Aquitard du Frasnien

L'aquitard du Frasnien est représenté par les Formations d'Aisemont et de Neuville. Leur lithologie est variée: calcaires argileux, schistes (parfois calcaireux), calcaires noduleux. Au sommet de la Formation d'Aisemont, des niveaux plus carbonatés sont observés, pouvant présenter localement des potentialités aquifères.

A la base du Frasnien, sur le bord nord du Synclinorium de Dinant, se trouve la Formation de Presles, calcschisteuse. Elle constitue un niveau aquitard. Sur le bord sud du Synclinorium de Dinant, se trouve la Formation de Nismes, schisteuse, qui vu sa nature est aquiclude. Ces deux formations ne sont pas cartographiées, sur la carte Tavier-Esneux, car leur épaisseur est trop faible.

IV.1.1.6. Aquiclude du Famennien

L'aquiclude du Famennien est représenté par la Formation de la Famenne, constituée principalement de shales et de schistes très peu perméables. Cette unité hydrogéologique forme un important aquiclude dont l'épaisseur peut atteindre 200 m.

IV.1.1.7. Aquitard du Famennien

Les Formations d'Esneux et de Souverain-Pré composent l'aquitard du Famennien. Ces formations où alternent des grès et grès micacés avec des niveaux schisteux et schisto-gréseux, peuvent présenter des potentialités aquifères intéressantes mais d'intérêt local et lorsque leur degré d'altération et de fissuration le permet. Bien que groupées dans une seule unité hydrogéologique, ces deux formations ont des caractéristiques sensiblement différentes. En effet, la Formation d'Esneux présente une alternance de grès fins et de siltites argileuses, réduisant la perméabilité de l'ensemble par rapport à la formation sus-jacente, la Formation de Souverain-Pré. Ainsi, une ligne de sources est souvent visible au contact de ces deux formations. De même qu'une ligne de sources et des zones plus marécageuses marquent le niveau carbonaté renfermé dans la Formation de Souverain-Pré.

IV.1.1.8. Aquifère des grès du Famennien

L'aquifère des grès du Famennien est globalement l'une des ressources en eaux souterraines importantes en Wallonie. Ces nappes sont généralement libres. Cet aquifère affleure sur un peu plus d'un tiers du territoire couvert par la carte Tavier-Esneux.

Le regroupement des Formations de Comblain-la-Tour, de Montfort, d'Evieux et de Comblain-au-Pont est formé principalement de grès micacés et de grès quartzitiques alternant avec quelques horizons schisto-gréseux ou schisteux. Ces terrains peuvent contenir un aquifère relativement important. La porosité des grès assure une capacité importante à cette nappe, mais son exploitabilité dépend fortement de la perméabilité influencée essentiellement par la fracturation. Elle est qualifiée de «nappe de fissures» dans les grès fracturés. Dans la frange sous-jacente à la 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.

Au sommet du Famennien, se trouve la Formation de Comblain-au-Pont (ou Strunien). Bien que caractérisée par des épisodes carbonatés et par des intercalations de shales et siltites, elle est intégrée à cette unité hydrogéologique. Les calcaires gréseux et les grès carbonatés, caractérisés par une matrice calcaire, vont influencer sur la minéralisation des eaux issues de cette nappe (augmentation de la conductivité électrique et de la dureté, pH plus basique). Les horizons plus schisteux, moins perméables, vont localement isoler l'aquifère des grès du Famennien de l'aquifère calcaire du Tournaisien.

L'aquifère des grès du Famennien, souvent en position topographique haute, alimente les nappes calcaires du Carbonifère situées en contrebas, via les écoulements de surface, le manteau d'altération et les zones de fracturation transversale aux couches.

IV.1.2. Unités hydrogéologiques du Carbonifère

Deux unités hydrogéologiques sont définies parmi les terrains du Carbonifère affleurant sur la carte Tavier-Esneux. Elles occupent environ 20 % de la superficie de la carte.

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

Etant donné le regroupement cartographique des formations de la base du Tournaisien sur la carte Tavier-Esneux, une unité hydrogéologique globale et aux propriétés très variables a été définie pour cet étage. Vu l'hétérogénéité des caractères hydrogéologiques de ces formations, cette unité est nommée 'Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien'.

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

La Formation de Pont d'Arcole, composée de schistes et de shales, constitue un seuil hydrogéologique au sein de l'aquifère des calcaires carbonifères (pris dans sa globalité). Cet aquiclude forme un niveau peu perméable isolant l'aquifère de la Formation d'Hastière des autres unités hydrogéologiques calcaires du Carbonifère.

La Formation de Landelies, à dominante carbonatée, est aquifère. Hydrogéologiquement, elle forme un continuum avec l'aquifère logé dans les terrains calcaires sus-jacents (Ivorien, Moliniacien, Livien). Cependant, puisque cartographiquement elle fait partie du regroupement des Formations d'Hastière, de Pont d'Arcole et de Landelies HPLA), elle est intégrée à l'unité hydrogéologique dénommée 'Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien'.

IV.1.2.2. Aquifère des calcaires du Carbonifère

Les calcaires du Tournaisien et du Viséen (de Landelies à Lives) forment un aquifère de fissures, pouvant être localement karstifié, comme en témoignent les phénomènes karstiques observés dans la région. En raison du regroupement cartographique des formations du Tournaisien inférieur en un seul groupe, l'unité hydrogéologique 'Aquifère des calcaires du Carbonifère' sensu stricto ne comprend, sur la carte étudiée, que les formations du Tournaisien supérieur et du Viséen.

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

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

- par infiltration diffuse et retardée des eaux météoriques à travers la couverture de limons;

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

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

IV.1.3. Unités hydrogéologiques du Cénozoïque

IV.1.3.1. Aquifère des sables de remplissage

Sur la carte Tavier-Esneux, des dépôts sableux, datés de l'Oligocène au Pliocène, comblent les paléokarsts. Renfermant des lentilles argileuses et l'extension réduite des poches, les capacités de cet aquifère sont faibles. Ces dépôts constituent de petites nappes très locales, souvent temporaires. Elles peuvent jouer le rôle de filtre pour les nappes sous-jacentes.

IV.1.3.2. Aquifère des terrasses fluviales

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

IV.1.3.3. Aquitard limoneux (non cartographié)

Bien que non cartographiés sur la carte géologique et non repris dans le tableau synthétique 'Géologie-Hydrogéologie' du poster de la carte hydrogéologique, les limons participent au contexte hydrogéologique d'une région. Ces dépôts éoliens, 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.

IV.1.3.4. Aquifère alluvial

Les alluvions modernes sont composées principalement de graviers et de sables offrant des potentialités aquifères intéressantes, si leur extension le permet. L'alimentation directe par les eaux météoriques est faible en raison de la surface, 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 l'infiltration verticale vers le haut ("per ascensum") 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.

IV.1.3.5. Nappe des remblais

Par remblais, on entend des dépôts de matériaux "inertes" divers (argile, gravier, sable, matériaux de construction) mais aussi des déchets. Dans ces dépôts anthropiques, de petites zones saturées, souvent temporaires, peuvent se créer. Ce type d'unité hydrogéologique est souvent lié à des sites pollués.

Lorsque ces remblais sont saturés, le terme 'nappe' est utilisé pour bien faire la distinction entre les aquifères, aquitards, aquicludes 'naturels'. Cette nappe des remblais est, en effet, issue d'un remaniement de terrain.

Sur la carte Tavier-Esneux, ces dépôts sont rares et, généralement, de petites superficies. Ils sont représentés par un figuré hachuré (attention de bien le distinguer du symbole des zones de prévention arrêtées).

Ere	Système	Série	Etage	Groupe	Formation	Lithologie	Abréviation	Hydrogéologie			
Cénozoïque	Quaternaire	Holocène			Formations anthropiques	Remblais, terrils	X	Nappe des remblais			
					Alluvions modernes	Graviers, sables, limon	AMD	Aquifère alluvial			
					Limon	Loess	LIM	Aquifère limoneux (non cartographié)			
					Alluvions anciennes	Limon sableux - argile - galets	ALA	Aquifère des terrasses fluviales			
	Néo-Paléogène	Oligo-Mio-Pliocène			Dépôts sableux	Sables et graviers	SBL	Aquifère des sables de remplissage			
Paléozoïque	Carbonifère	Viséen	Moliniacien		Lives	Calcaires de grains divers	LIV	BTNL	Aquifère des calcaires du Carbonifère		
					Neffe	Calcaires	NEF				
					Terwagne	Calcaires à grains fins	TER				
					Brèche de la Belle Roche	Brèche calcaire à ciment sparitique ou micritique, à blocs de toutes tailles	BBR				
					Longpré	Dolomies saccharoïdes encriniques	LPR				
		Toumaisien	Ivoirien			Martinrive	Calcaires	MRT		HPLA	
						Ourthe	"Petit Granit", encrinite	OUR			
						Yvoir	Calcaires	YVO			
			Hastarien			Landelies	Calcaires	LAN			
						Pont d'Arcole	Schistes calcaireux	PDA			
	Hastière	Calcaires	HAS								
	Dévonien	Supérieur	Famennien			Comblain-au-Pont	Grès et siltites alterant vers le haut avec des grès calcaireux et des calcaires	(CLP)	CMEC	Aquifère des grès du Famennien	
						Evieux		EVX			
						Montfort	Microquartzites arkosiques micacés, en bancs d'épaisseurs diverses	MFT			
						Comblain-la-Tour		(CLT)			
						Souverain-Pré	Siltites à blocs de calcaire	SVP			
			Esneux	Grès à grains très fins - Siltites en bancs minces	ESN						
			Frasnien	Famenne			Hodimont	Schistes et shales pouvant contenir des nodules de calcaire fin	FAM	AN	Aquifère des calcaires du Frasnien
							Lambermont				
							Aisemont	Schistes surmontés de calcaires	AIS		
Aisemont-Neuville							Calcschistes et calcaires noduleux				
Lustin	Calcaires et calcaires à grains fins	LUS									
Presles/Nismes	Calcaires argileux - Shales										
Mbyen	Givetien			Fromelennes	Calcaires à grains fins, souvent laminaires. Niveau terrigène à la base	NR	FRO	Aquifère des calcaires du Givetien			
				Roux					Alternance de dolomies, siltites, calcaires quartzeux		
				Névremont	Calcaires fins parfois quartzitiques. A la base, quartzites parfois graveleux	NEV					
				Pépinster	Grès et quartzites avec niveaux de poudingues. Siltites au sommet	PER					
	Inférieur	Praguien			Burnot	Quartzites et poudingues		BUR	AWBU	Aquifère à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	
Wépion					Quartzites	WEP					
Acoz					Alternance de quartzites, siltites et schistes	ACO					

Tableau IV.1: Tableau de correspondance entre la géologie et l'hydrogéologie – Tavier-Esneux

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

Le schéma hydrogéologique général de la région Tavier-Esneux se présente comme suit:

- la grande partie centrale de la carte est constituée d'une succession de plis synclinaux dont le cœur est formé par des calcaires dinantiens, et de plis anticlinaux formés généralement de grès, de siltites et de schistes famenniens. Au sud-est, affleurent des formations calcaires dévoniennes au droit d'un anticlinal à cœur givetien (flanc sud du Synclinorium de Dinant). Au nord-ouest, des roches carbonatées dévoniennes reposent sur des formations terrigènes d'âge dévonien inférieur (flanc nord du Synclinorium de Dinant) (Figure IV.2);
- les formations gréseuses, généralement localisées sur les crêtes topographiques, constituent des nappes qui alimentent, par infiltration diffuse au droit des failles et fractures ou via les eaux de surface, les aquifères calcaires situés en contrebas. Les directions d'écoulement des eaux souterraines dans ces aquifères sont dépendantes de la topographie;
- les aquifères calcaires, fissurés et localement fortement karstifiés, sont essentiellement drainés en direction de l'Ourthe, donc vers l'est pour la partie occidentale de la carte ou vers l'ouest pour la partie orientale;

Les plaines alluviales de l'Ourthe et de l'Amblève, deux importantes rivières traversant la carte, peuvent également être ponctuellement des réservoirs d'eaux souterraines exploitables. Les quelques rares dépôts sableux cénozoïques observés sur cette carte ne présentent pas de réelles potentialités aquifères, leur extension étant très limitée. Pareille situation se présente pour les terrasses fluviales où temporairement des petites nappes perchées peuvent exister. Les limons, épais de quelques mètres, jouent un rôle protecteur lors de l'infiltration des eaux météoriques.

Les synclinaux calcaires du Carbonifère (et les anticlinaux gréseux du Famennien) du Synclinorium de Dinant, constituant l'une des importantes réserves en eau souterraine de la Wallonie, ont fait l'objet de plusieurs études régionales et locales. Ainsi, de nombreuses données sont disponibles, permettant une caractérisation hydrogéologique approfondie. En outre, une vaste étude de caractérisation hydrogéologique d'importantes masses d'eau souterraine wallonnes a été entreprise par le SPW (Brouyère et al, 2009, Leroy et al, 2010). La carte Tavier-Esneux fait presque entièrement partie de la zone couverte par cette étude, nommée "Projet Synclin'EAU". Quelques-unes des conclusions les plus pertinentes seront présentées dans ce chapitre.

Les autres unités hydrogéologiques, d'âge Frasnien à Praguien, présentes sur le territoire de la carte Tavier-Esneux ont été peu investiguées, excepté la bande septentrionale de calcaires dévoniens traversant la carte d'ouest en est, de Berleur à Dolembreux. Quelques niveaux piézométriques sont également disponibles dans la région de Neupré/Rotheux-Rimièrre ou dans les plaines alluviales de l'Ourthe et de l'Amblève.

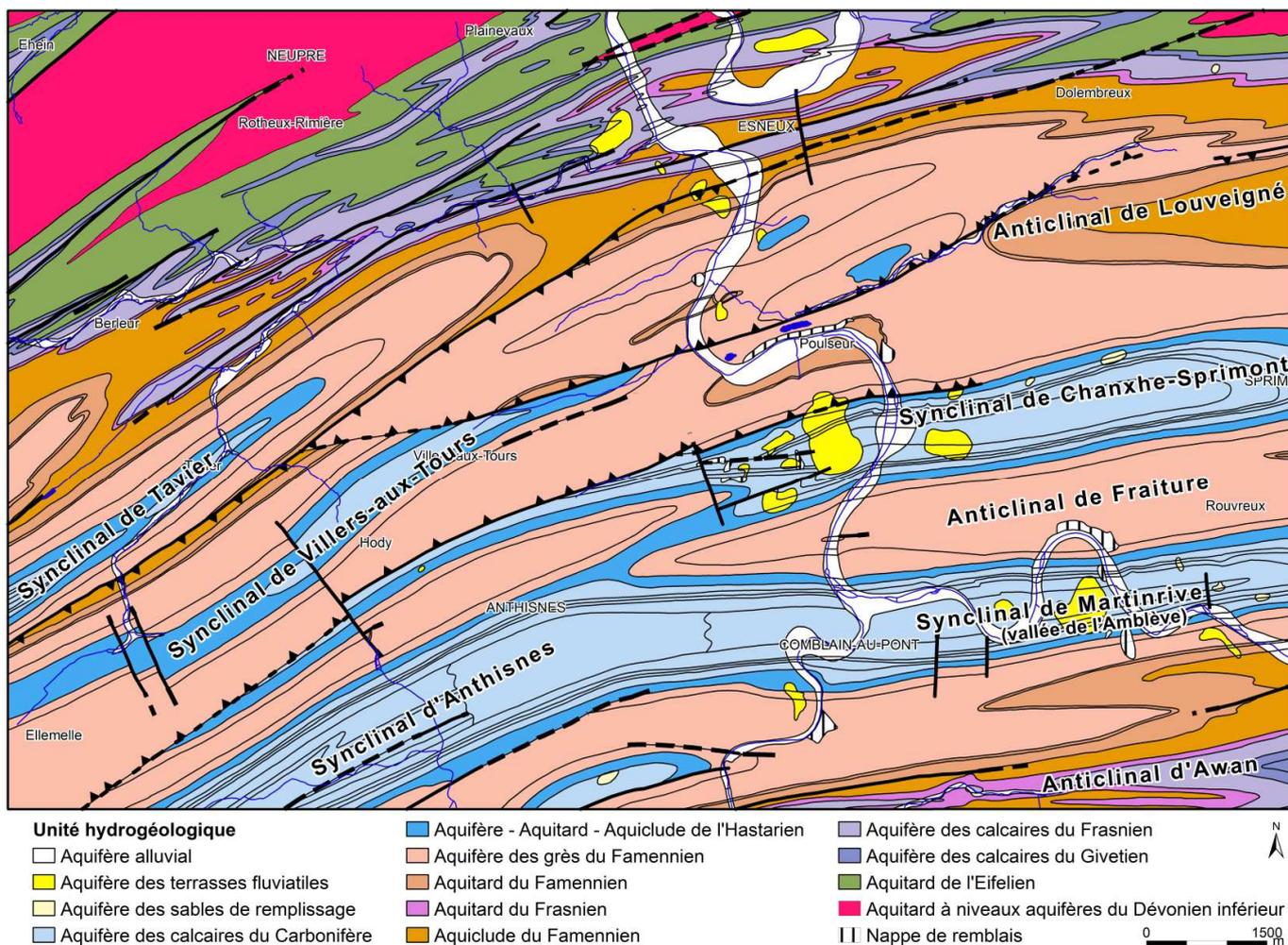


Figure IV.2: Entités hydrogéologiques de la carte Tavier-Esneux

Plusieurs bassins-versants, situés en tout ou en partie sur la carte Tavier-Esneux, ont fait l'objet d'une étude hydrologique (Figure IV.3). Ces études ont permis de définir des coefficients de tarissement, l'état des réserves pour la période étudiée, l'équation du bilan. Ces analyses ont également indiqué l'existence de flux souterrains entre bassins ou encore de revoir les limites hydrogéologiques. Les résultats de ces investigations sont présentés succinctement dans les sous-chapitres suivants.

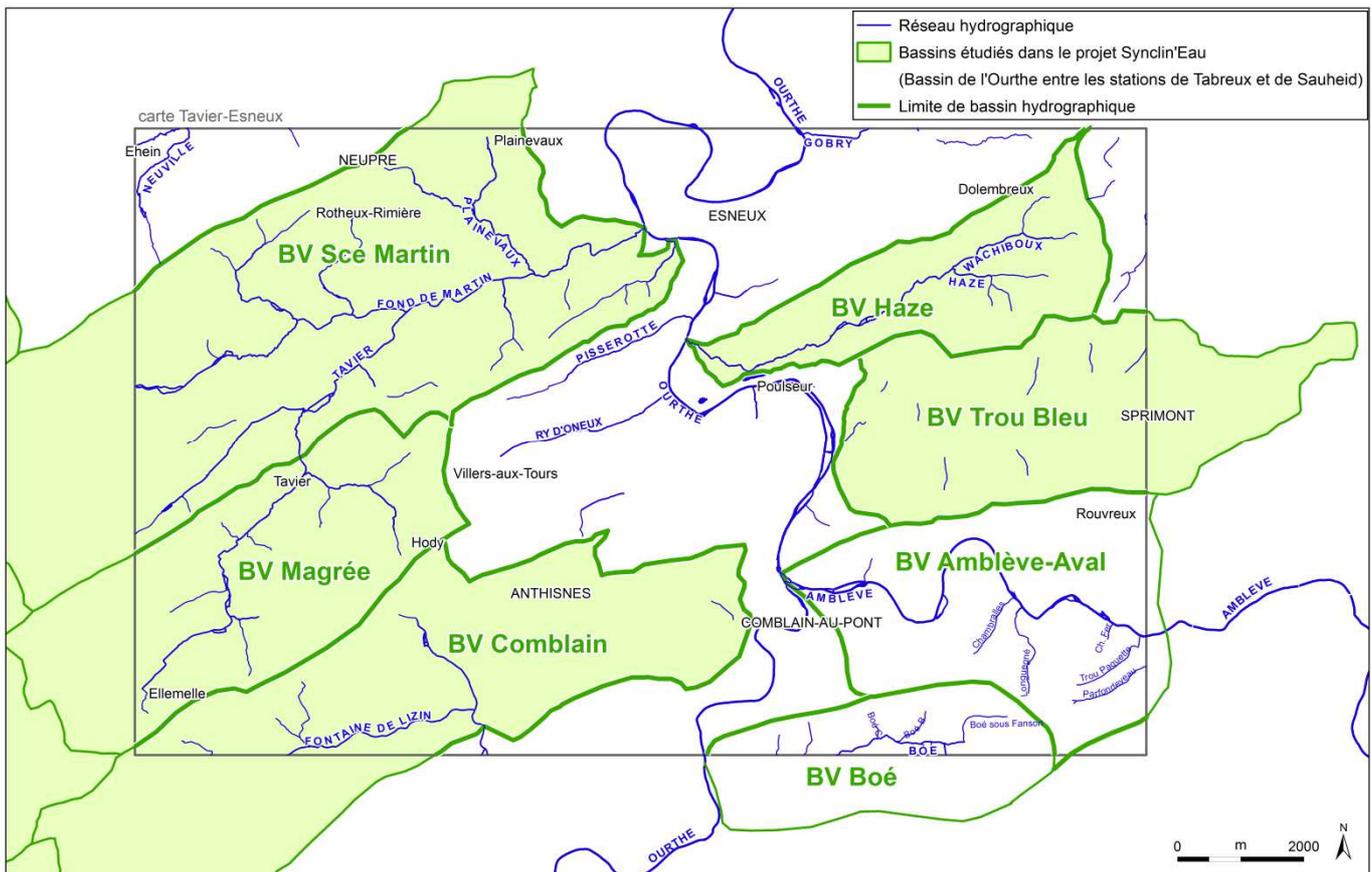


Figure IV.3: Bassins ayant fait l'objet d'une étude de bilan hydrologique récente situés sur le territoire de la carte Tavier-Esneux

Les phénomènes karstiques sont également abordés dans ce chapitre. Ils se situent essentiellement dans les synclinaux carbonifères d'Anthisnes et de Chanxhe-Sprimont, ainsi que dans les calcaires dévoniens, tant au nord qu'au sud de la carte.

En fin de chapitre, quelques commentaires sont donnés sur les coupes et la carte reprenant le "caractère" des aquifères présentées sur le poster A0, accompagnant cette notice.

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

Les aquifères calcaires sont alimentés par l'infiltration des eaux météoriques à travers les terrains de couverture mais aussi par l'éventuel débordement diffus ou concentré des nappes gréseuses voisines vers les dépressions calcaires et le ruissellement des précipitations sur les terrains schisto-gréseux du Dévonien.

Sur la carte Tavier-Esneux, les aquifères calcaires du Carbonifère sont logés dans quatre grands synclinaux traversant la carte d'ouest en est et alternant avec les anticlinaux gréseux du Famennien (Figure IV.2). L'Ourthe, qui s'écoule du sud vers le nord, recoupe donc ces structures et joue le rôle de drain (niveau de base des aquifères). La rivière partage ainsi les aquifères en deux blocs: ceux de la rive gauche (à l'ouest) et ceux de la rive droite (à l'est). Pour plus de clarté dans la description du contexte hydrogéologique de la carte étudiée, plusieurs entités hydrogéologiques y ont été définies (Figure IV.2 & Tableau IV.2). Noter que d'un point de vue strictement géologique les synclinaux d'Anthisnes et de Martinrive ne forment qu'une seule et même structure synclinale, traversée perpendiculairement à son axe par l'Ourthe.

Tableau IV.2: Entités hydrogéologiques des calcaires du Carbonifère et du Dévonien de la carte Tavier-Esneux, de part et d'autre de l'Ourthe

Rive gauche (ouest)	Rive droite (est)
Carbonifère	
Synclinal de Tavier	Synclinal de Chanxhe-Sprimont
Synclinal de Villers-aux-Tours	
Synclinal d'Anthisnes	Synclinal de Martinrive (vallée de l'Amblève)
Dévonien	
Bande nord, entre Berleur et Dolembreux	
	Anticlinal d'Awan

Deux unités hydrogéologiques composent les synclinaux calcaires du Carbonifère; d'une part, l'aquifère des calcaires du Carbonifère formé de calcaires et de dolomies, et d'autre part, l'aquifère-aquitard-aquiclude de l'Hastarien, où on retrouve, sur une faible épaisseur (et donc non cartographiés), les schistes de la Formation de Pont d'Arcole.

Les aquifères calcaires du Dévonien sont formés également de deux unités hydrogéologiques. D'une part, on a l'aquifère des calcaires du Frasnien, et d'autre par l'aquifère des calcaires du Givetien. Ils sont séparés par un fin horizon moins perméable. Au nord, il s'agit des calcaires argileux et des schistes carbonatés de la Formation de Presles et, au sud des schistes fins de la Formation de Nismes.

IV.2.1.1. Synclinal de Tavier

Peu de données sont disponibles au droit de synclinal de Tavier. Il est parcouru par le ruisseau de Tavier (nommé aussi Ruisseau du Moulin). A Tavier, l'eau était atteinte dans le puits 'Ferme du Moulin' à environ 17 m de profondeur tant en août qu'en octobre 2003. Le niveau piézométrique en ce lieu était donc approximativement à 173 m. Ce puits, profond de 39 m, se situe à proximité du ruisseau dont le lit est environ à la cote 187 m. Ainsi, en ce point, le ruisseau est perdant vis-à-vis de la nappe logée dans les calcaires carbonifères.

IV.2.1.2. Synclinal de Villers-aux-Tours

Sur la carte Tavier-Esneux, le synclinal calcaire de Villers-aux-Tours s'étire sur environ 9 km selon une direction NE-SW, avec une largeur comprise entre 400 et 600 m. Sa structure est cisillée par plusieurs failles transversales. Son extrémité nord-est est tronquée par une faille de chevauchement, la Faille de Villers-aux-Tours. Plusieurs ruisseaux parcourent ce synclinal. D'est en ouest, on retrouve le Ry d'Oneu (qui rejoint directement l'Ourthe), le Fond du Sart et le ruisseau d'Ellemelle, qui devient à sa sortie du synclinal le ruisseau de Tavier (Figure IV.4).

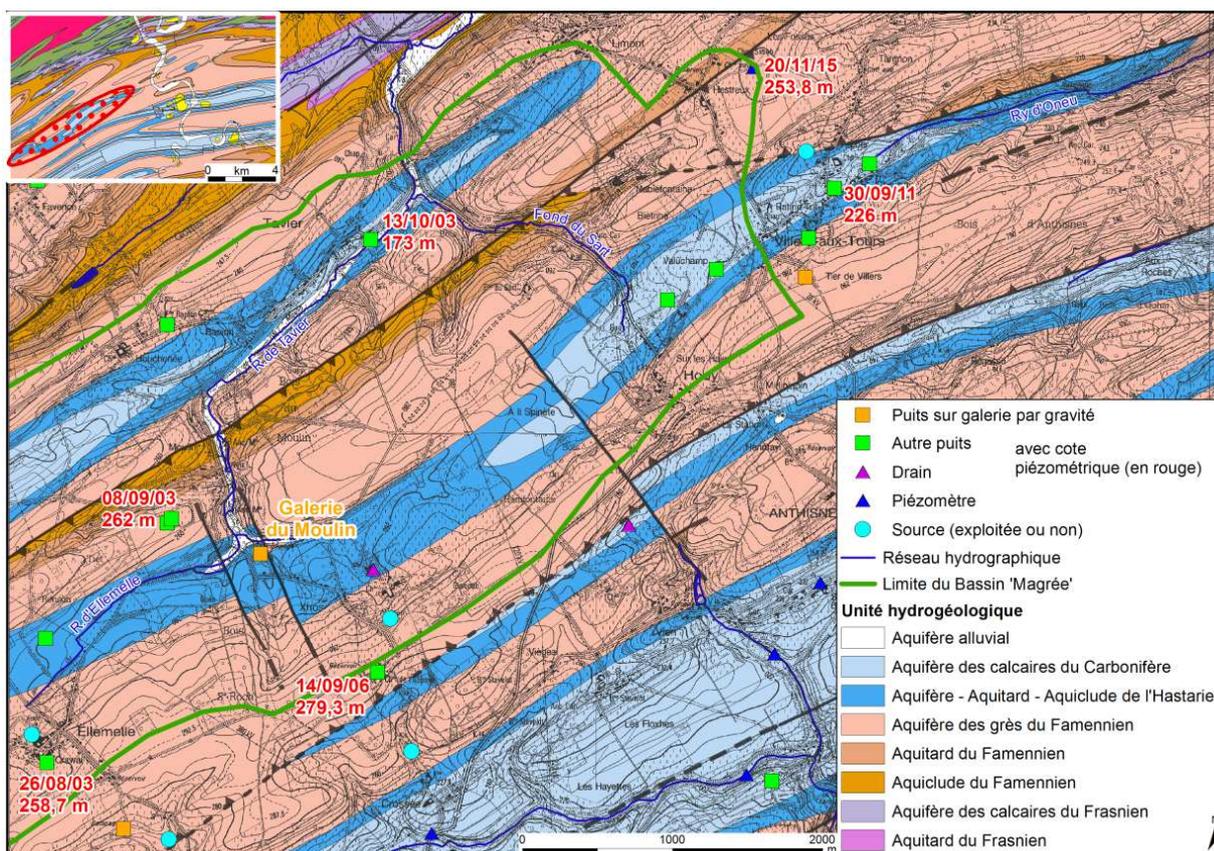


Figure IV.4: Synclinal de Villers-aux-Tours - Carte Tavier-Esneux

La galerie du Moulin, appartenant à la CILE, draine les eaux logées dans l'aquifère-aquitard-aquiclude de l'Hastarien. Elle n'est plus exploitée depuis 2014. D'une longueur de 30 m, orientée nord-sud, son radier est à l'altitude de 229,74 m.

Aucun suivi piézométrique régulier n'existe sur les quelques puits implantés dans ce synclinal calcaire. Un niveau d'eau a été relevé en septembre 2011, sur un puits privé (PF Passuello).

L'eau était à 14 m du sol, soit une cote piézométrique de 226 m. Dans cette partie du synclinal, les eaux souterraines s'écoulent très probablement vers l'est (drainage de la nappe par le Ry d'Oneu).

Ces deux synclinaux calcaires, Tavier et Villers-aux-Tours, font partie du bassin 'Magrée', étudié dans le projet Synclin'Eau (Figures IV.3 & IV.4). La superficie de ce bassin est de 19,3 km² dont 15 km² sur la carte Tavier-Esneux. Un bilan a été calculé pour l'année hydrologique allant d'octobre 2006 à septembre 2007. L'évapotranspiration réelle atteint 60 % des précipitations (P = 991 mm) et donc 40 % d'eau utile⁴. La lame d'eau écoulée à l'exutoire du bassin est de 19 %. Le terme de bouclage est de +16 % (bilan déficitaire), indiquant un flux sortant du bassin. Ce transfert se fait très probablement vers le sud-ouest et le bassin du Torrent de Bonne (cartes Huy-Nandrin & Modave-Clavier). Il est également possible qu'un transfert, moins important, ait lieu vers le nord-est, via le synclinal calcaire de Villers-aux-Tours (Brouyère *et al.*, 2009).

IV.2.1.3. Synclinal d'Anthisnes

Le synclinal calcaire d'Anthisnes traverse la partie sud de la carte Tavier-Esneux selon une direction sud/ouest à est, sur une largeur d'environ 1400-1700 m (Figure IV.5). A Comblain-au-Pont, il est traversé du sud au nord par l'Ourthe, qui constitue ainsi le niveau de base de l'aquifère des calcaires du Carbonifère. L'encaissement important de la rivière implique un rabattement élevé de la nappe. Les niveaux piézométriques sont relativement bas sous la surface topographique, la profondeur de l'eau dans les puits pouvant être supérieure à 50 m.

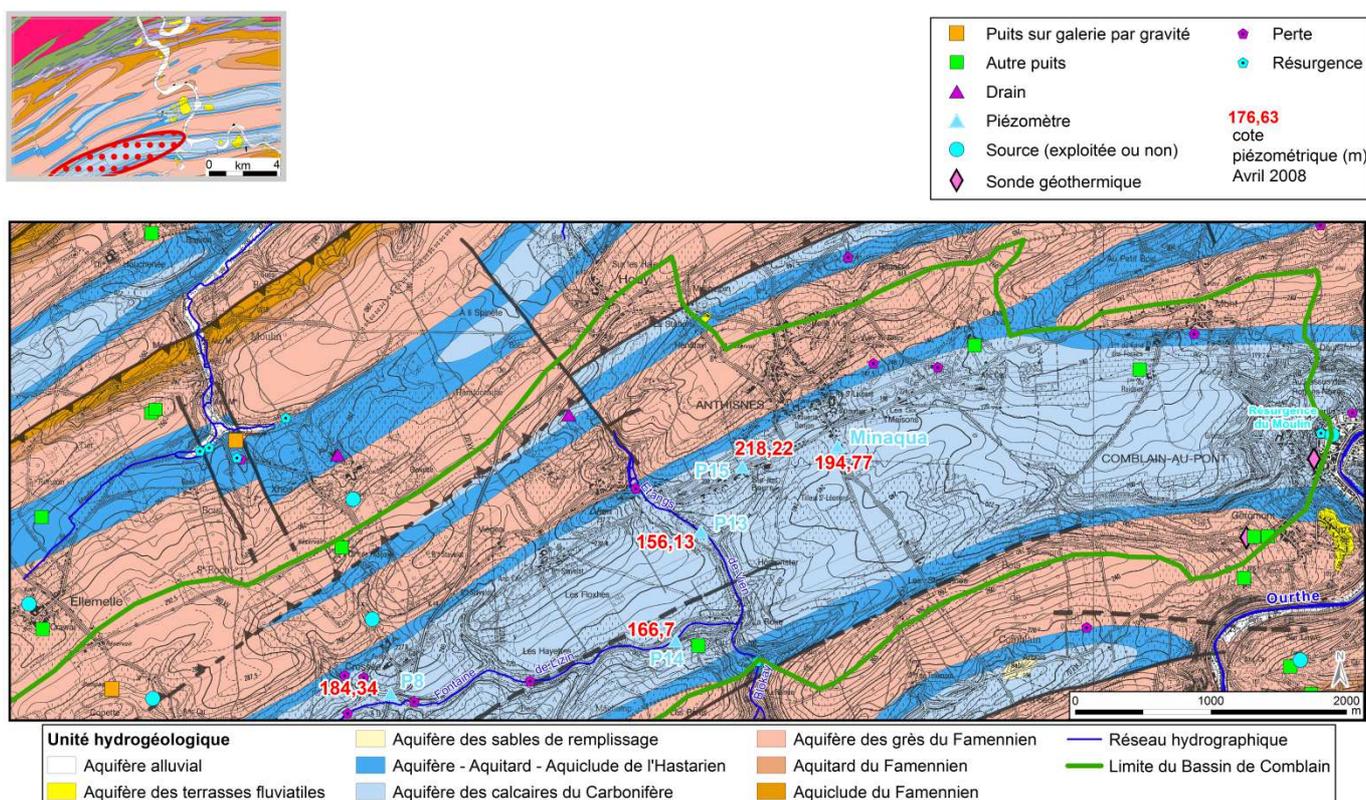


Figure IV.5: Synclinal d'Anthisnes – Carte Tavier-Esneux

⁴ L'eau utile (EU) est la quantité d'eau disponible pour le ruissellement et l'infiltration

Le drainage dans le synclinal d'Anthisnes est principalement souterrain. En surface, le réseau hydrographique est peu développé et dissymétrique par rapport à l'axe tectonique du pli. Des vallées sèches sont observées, comme celle qui traverse le synclinal entre Crossée et La Rock (Fontaine de Lizin) ou le ruisseau intermittent 'Etangs de Vien' qui devient le Blokay à sa sortie du synclinal. La majorité des pertes de ce synclinal sont situées sur son versant septentrional, alors que le conduit souterrain principal, dans sa partie aval, semble se situer sur le flanc méridional. L'exutoire de la nappe se fait à la résurgence du Moulin, à Comblain-au-Pont, à environ 105 m d'altitude. Le karst de ce synclinal a été étudié en détail, ce volet est abordé au paragraphe [IV.2.5](#).

Le bassin de Comblain, limité à la résurgence du Moulin ne comprend théoriquement que la partie orientale du synclinal et est limité au méridien d'Anthisnes (voir la carte des altitudes, [Figure II.2](#)), la partie occidentale étant drainée par le ruisseau de Lizin. Toutefois, comme présenté ci-dessus, ce ruisseau est sec pendant la majeure partie de l'année. De plus, les piézomètres installés à proximité du cours d'eau indiquent que le niveau piézométrique de l'aquifère calcaire se situe plusieurs dizaines de mètres sous la surface du sol. L'examen des cotes piézométriques montre un gradient hydraulique nettement orienté d'ouest en est, à travers tout le synclinal calcaire. Des essais de traçage ont également permis de confirmer la connexion de la partie ouest du synclinal avec la partie est vers Comblain-au-Pont et la présence d'un important système karstique. Ainsi, toutes ces données ont permis d'étendre les limites du bassin de Comblain au plateau calcaire vers l'ouest jusqu'à la limite avec le bassin du Néblon. La superficie du bassin considérée est donc de 27,9 km² (Brouyère *et al*, 2009). Cette conclusion est confirmée par l'étude du bilan, calculé pour l'année hydrologique 2006-2007, où le terme de bouclage (ϵ) est à peine de 1 %. Ce résultat démontre que ces limites étendues correspondent relativement bien aux limites réelles du bassin hydrogéologique. Sans considérer la totalité du synclinal d'Anthisnes, le bilan aboutirait à un terme excédentaire de 60 %, traduisant un important flux entrant (Brouyère *et al*, 2009). Auparavant, une autre étude régionale avait également abouti aux mêmes conclusions. Le bilan global du bassin versant d'Anthisnes, établi sur l'année hydrologique 1988-1989 ferme bien ($\epsilon \approx 1$ %), lorsque l'on considère donc l'entièreté du synclinal. Les bilans hydrologiques, réalisés sur une quinzaine de sous-bassins, ont aussi mis en évidence l'existence d'une circulation souterraine dans le bassin versant du synclinal d'Anthisnes-Comblain (LGIH, 1989a).

Plusieurs piézomètres ont été forés dans cet aquifère calcaire (Figure IV.5). Les niveaux d'eau y sont relevés régulièrement depuis 1986 (Figure IV.6). Avec des amplitudes différentes, des périodes de hautes eaux et de basses eaux sont visibles sur les cinq courbes proposées. Les hautes eaux ont, généralement, lieu dès la fin de l'hiver et au printemps. Ensuite le niveau piézométrique baisse. La période de basses eaux s'observe en fin de l'été et à l'automne. Dès novembre-décembre, le niveau piézométrique commence à remonter.

La figure IV.7 met en parallèle, pour la période 2006-2008, les niveaux piézométriques relevés dans les forages situés dans le synclinal d'Anthisnes et les périodes de recharge de l'aquifère (eau utile mensuelle calculée) (Brouyère *et al*, 2009). Cette analyse temporelle fournit, entre autres, des informations sur le temps de réaction de la nappe vis-à-vis de la recharge.

Le niveau piézométrique du forage P15-Anthisnes est nettement plus haut par rapport aux ouvrages proches. L'écart est d'une soixantaine de mètres avec le puits P13-Anthisnes et d'environ 25 m avec le puits Minaqua. Cette différence piézométrique laisse supposer que ce puits est foré dans un compartiment plus ou moins indépendant du reste de l'aquifère. L'amplitude des fluctuations piézométriques saisonnières de P15-Anthisnes est d'environ 5-8 m. Sur la période 2004-2008, on observe un comportement erratique de la nappe par rapport à la période 1990-1996 (Figure IV.6). Le niveau piézométrique semble directement influencé par la recharge (Figure IV.7).

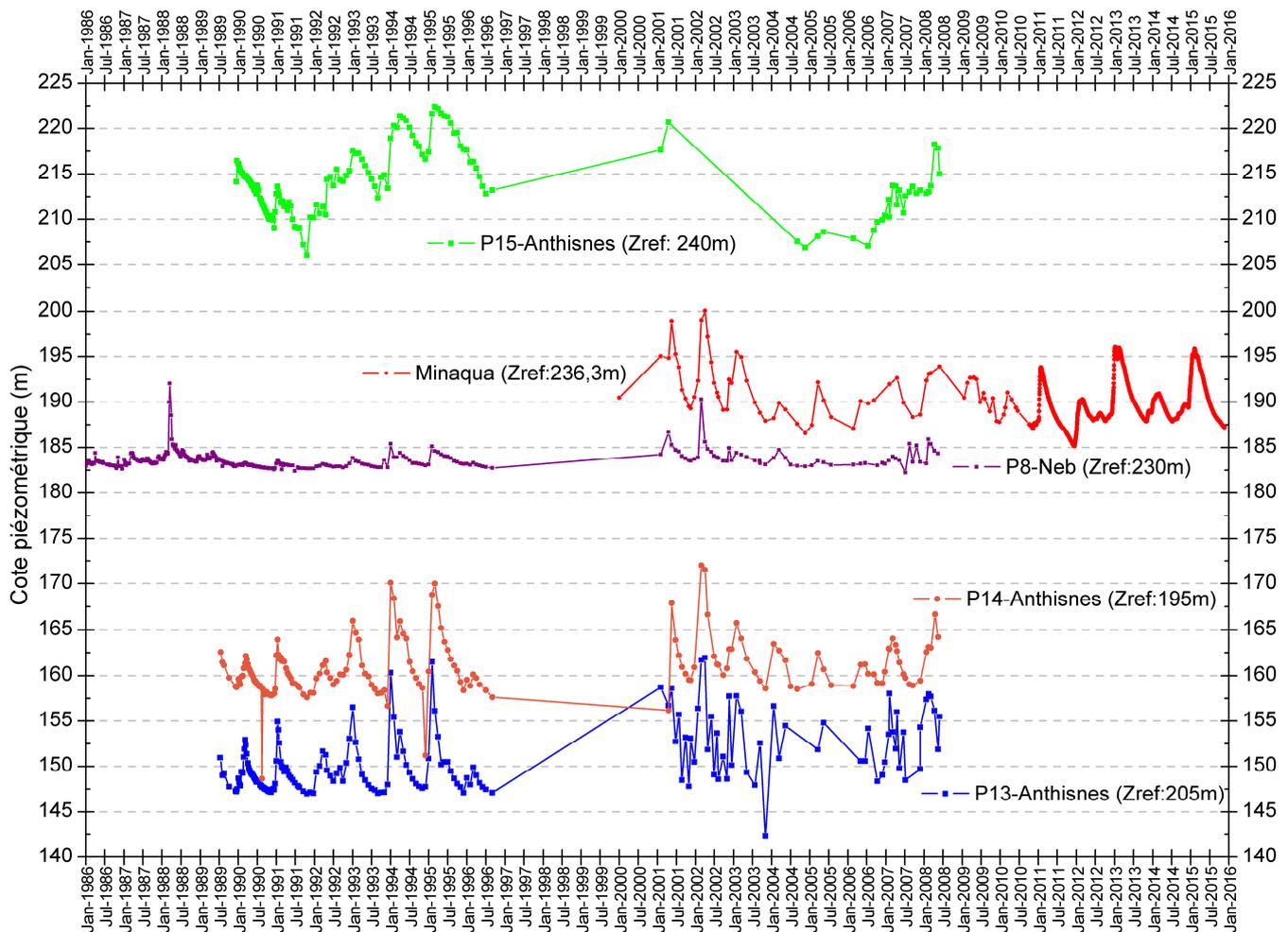


Figure IV.6: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère - Synclinal d'Anthisnes

L'amplitude piézométrique observée au droit du piézomètre Minaqua est de l'ordre de 5 m. La réaction à la recharge est rapide et progressive. Sur les dernières années de la chronique présentée à la figure IV.6, il semble que des fluctuations interannuelles se dessinent. Ainsi des années hydrologiques présentent globalement des niveaux piézométriques plus élevés (2011, 2013, 2015), et d'autres des niveaux plus bas (2012, 2014) où l'amplitude saisonnière est moins marquée.

Le forage P13-Anthisnes est foré dans les calcaires viséens du cœur du synclinal. Le niveau de la nappe oscille autour de la cote 150 m, avec des amplitudes annuelles pouvant atteindre 7 à 10 m. Le niveau d'eau dans ce puits réagit vite à la recharge, avec une augmentation rapide

mais également une diminution rapide après un épisode de recharge. Ce comportement indique que le piézomètre serait alors situé dans une zone à forte conductivité hydraulique, dans ce cas, une zone karstique (réaction rapide à la recharge et vidange rapide de la nappe).

Le puits P14-Anthisnes est également implanté dans les calcaires viséens mais sur le flanc sud du synclinal, en rive droite de la vallée sèche en provenance de Crossée vers La Rock (Figure IV.5). Son comportement piézométrique est similaire à celui observé au puits P13-Anthisnes, avec un niveau piézométrique variant autour de la cote 160 m. Cependant, la décroissance du niveau est plus lente, ainsi le maximum du niveau piézométrique est observé un mois après celui observé en P13. Ce comportement laisse supposer que cet ouvrage n'est pas implanté dans un chenal karstique sous-jacent à la vallée sèche (LGIH, 1989a).

Le piézomètre P8-Neb est situé à proximité du lit du ruisseau 'Fontaine de Lizin'. Comparé aux autres piézomètres, le niveau d'eau de ce forage fluctue peu. L'amplitude annuelle est de l'ordre du mètre, mis à part quelques pics de crue. Le ruisseau de Lizin, étant une vallée sèche, n'est pas l'exutoire de la nappe et donc ne peut jouer le rôle de tampon dans les variations piézométriques vis-à-vis des précipitations. De plus, le temps de réponse du niveau piézométrique à la pluie est rapide. Il faut considérer le piézomètre P8-Neb comme implanté au droit d'une circulation karstique en écoulement libre ce qui expliquerait le comportement de la nappe. Les hausses du niveau d'eau observées (entre 6 et 10 m) peuvent s'expliquer par la mise en charge totale des conduits, avec mise sous pression des fines fissures de la roche au-dessus du conduit principal (LGIH, 1989a).

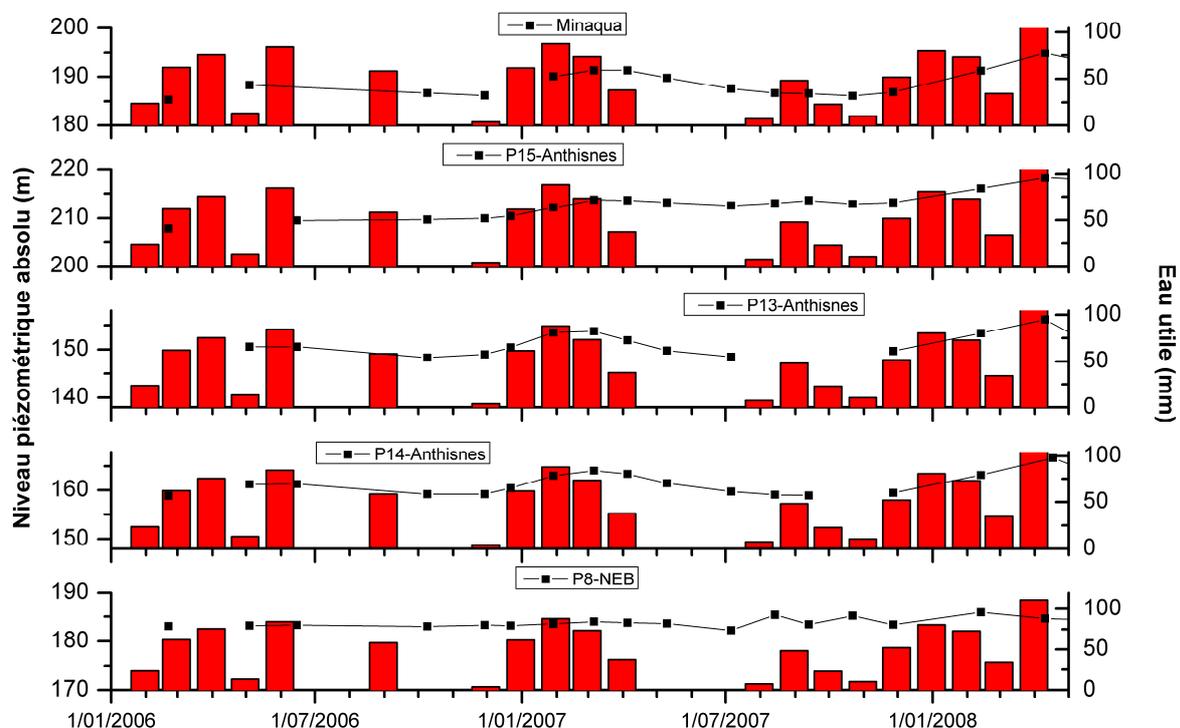


Figure IV.7: Mise en relation de la variation piézométrique avec l'eau utile mensuelle calculée pour les piézomètres situés dans le synclinal d'Anthisnes (Brouyère et al, 2009)

Ces différentes cotes piézométriques montrent que l'écoulement souterrain, dans le bassin calcaire d'Anthignes, se fait vers le centre du synclinal et vers l'est en direction de l'Ourthe et la résurgence du Moulin.

IV.2.1.4. Synclinal de Chanxhe-Sprimont

Situé sur le versant oriental de l'Ourthe (et donc en rive droite), le synclinal calcaire de Chanxhe-Sprimont s'étend d'ouest en est sur une largeur d'environ 1200 m. Composé par les unités carbonatées du Carbonifère, il est ceinturé par l'aquifère des grès du Famennien. Au nord, se trouve l'anticlinal de Louveigné et, au sud l'anticlinal de Fraiture (Figure IV.2).

Ce synclinal est inclus dans le bassin du Trou Bleu, source située dans le village de Chanxhe à proximité de l'Ourthe (Figure IV.8). Ce bassin a une superficie de 18 km² dont 13 km² sont sur le territoire de la carte Tavier-Esneux. L'écoulement de surface dans ce bassin est quasi inexistant. Quelques petits ruisseaux prennent naissance sur les formations gréseuses puis s'engouffrent, généralement en totalité, dans le massif calcaire. La totalité des précipitations tombant sur le bassin s'infiltre et ressort par la source du Trou Bleu. Le karst y est très présent.

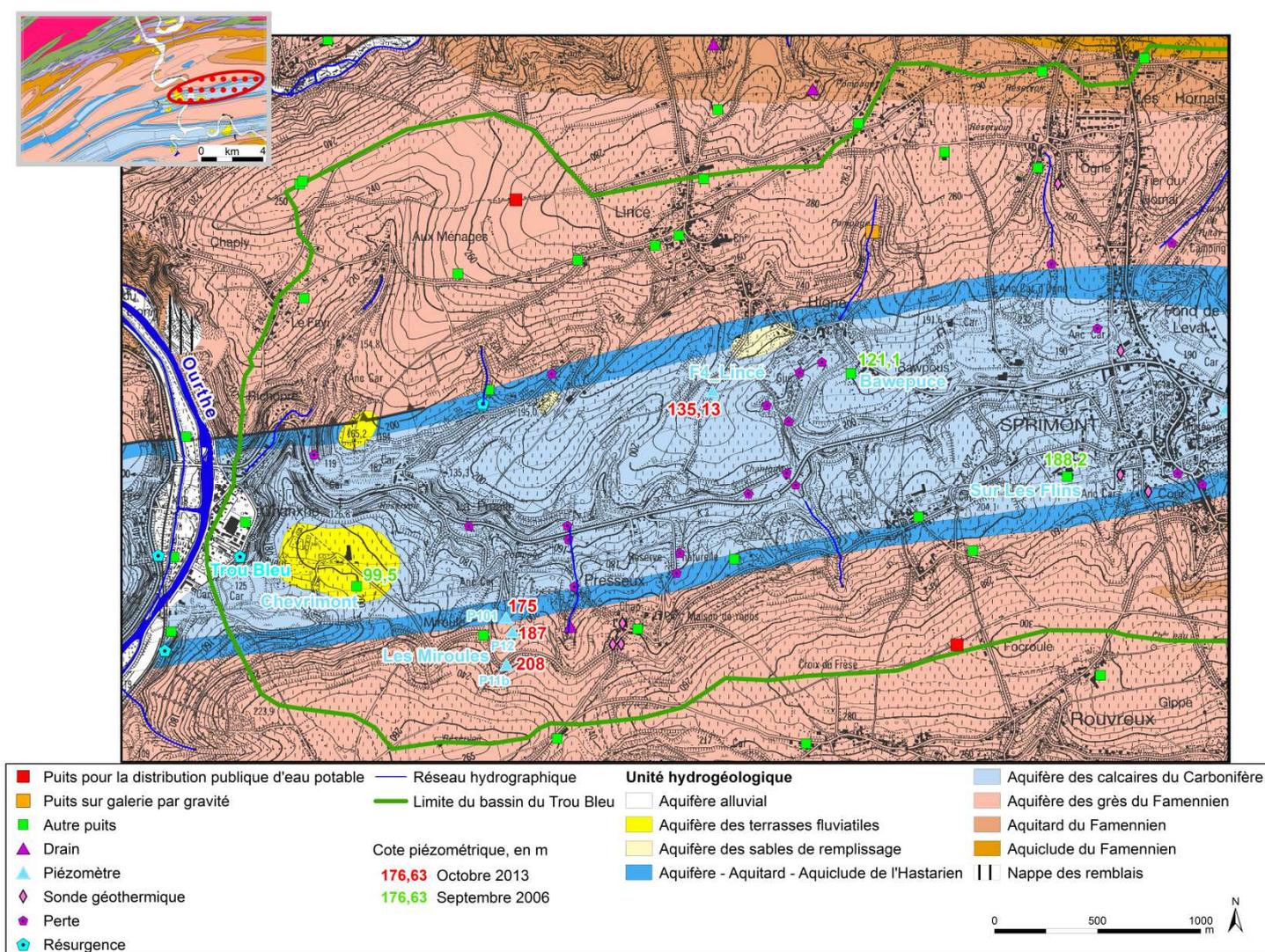


Figure IV.8: Synclinal de Chanxhe-Sprimont – Carte Tavier-Esneux

Le bilan hydrologique, calculé pour la période d'octobre 2006 à septembre 2007, indique que la lame d'eau écoulée à l'exutoire du bassin dépasse la quantité d'eau utile (41 % des précipitations contre 38 %). Le bilan est excédentaire, un flux entrant est donc à considérer (ou une erreur dans un des termes du bilan). Ce flux entrant est vraisemblablement d'origine anthropique. En effet, le bassin du Trou Bleu ne présente pas, à ses limites, de zones propices à un apport important d'eau souterraine. Par contre, le bassin présente une densité de population relativement élevée ainsi que quelques industries. Un volume d'eau considérable pourrait être importé pour la consommation et rejeté à l'intérieur du bassin (Brouyère *et al*, 2009). Sur la période de novembre 2011 à janvier 2012, un bilan hydrologique a aussi été établi. Ici, le terme de fermeture est supérieur à 5 %, laissant supposer que le bassin hydrogéologique devrait être légèrement plus étendu que le bassin hydrographique (cela semblerait être confirmé par quelques mesures piézométriques) ou bien s'agit-il d'une erreur dans l'estimation des termes du bilan (Wauters, 2012). Au vu de ces deux résultats contradictoires, il est très probable que l'erreur soit à rechercher dans la collecte des données. En effet, la mesure du (ou des) débit(s) à l'exutoire du bassin, entre autres, et à la résurgence du Trou Bleu, n'est pas complètement maîtrisée. L'étude en cours du réseau karstique du Trou Bleu a été réactivée par la récente découverte de la grotte du Noû Bleû (Collectif du Nou Bleû, 2014a; b). Plusieurs investigations ont été lancées afin de mieux comprendre le système karstique de ce synclinal. Des essais de traçage dans différentes conditions, des mesures de débits par jaugeages indirects ainsi que le suivi de paramètres physico-chimiques sont en cours par l'ISSeP et le Collectif du Noû Bleû, tant en mode ponctuel qu'en mode continu, en surface ou directement dans la cavité. Les données, actuellement collectées, témoignent d'un système complexe dont il est difficile d'appréhender, dès à présent, tous les aspects avec précision. Des essais de traçage ont été infructueux et des incohérences ont été détectées dans les mesures des débits (J.Flament & Ph. Meus, comm.pers., 2015). Ainsi, une réelle approche globale intégrant tous les compartiments 'eau', avec un maximum de précision dans la collecte et la mesure des données, serait nécessaire.

La nappe logée dans les calcaires est fortement rabattue par l'encaissement de la vallée de l'Ourthe. Les niveaux piézométriques mesurés dans le synclinal confirment ce fait. Sur la figure IV.8, excepté les forages P11 & P12 du site 'Les Miroules', tous les ouvrages sollicitent l'aquifère des calcaires du Carbonifère (unité de l'Hastarien incluse).

L'eau peut être rencontrée relativement bas, parfois à une centaine de mètres de profondeur (puits Chevrumont, puits Bawepuce...). Les données piézométriques disponibles confirment également le sens de l'écoulement des eaux souterraines, vers le centre du synclinal et vers l'ouest; en direction de l'Ourthe. Sur le flanc sud du synclinal, le site 'Les Miroules' est intéressant car plusieurs piézomètres y sont implantés, soit dans les calcaires du Carbonifère (Unité hydrogéologique de l'Hastarien), soit dans l'aquifère des grès du Famennien. Les niveaux piézométriques relevés en octobre 2013 montrent que l'aquifère des calcaires est alimenté par la nappe logée dans les grès, avec un écoulement souterrain dirigé vers le nord.

Toujours sur le flanc sud du synclinal, la piézométrie de la nappe au droit du puits privé 'Sur les Flins' à Sprimont a été relevé régulièrement entre 2006 et 2008 (Figure IV.9). La nappe à cet

endroit semble réagir à la recharge avec un décalage de plusieurs semaines, laissant présager une faible conductivité hydraulique des terrains de couverture. Toutefois, les lacunes dans la chronique piézométrique excluent toute interprétation fiable (Brouyère *et al*, 2009).

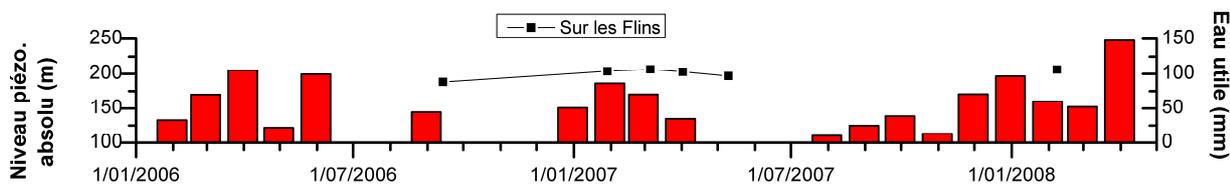


Figure IV.9: Mise en relation de la variation piézométrique avec l'eau utile mensuelle calculée pour le puits 'Sur les Flins' situé dans le synclinal de Chanxhe-Sprimont (Brouyère *et al*, 2009)

A l'ouest de Sprimont, un piézomètre de 138 m de profondeur a été foré en septembre 2008, F4_Lincé (GEOLYS, 2008). Depuis le niveau d'eau y est relevé mensuellement (Figure IV.10). Le niveau piézométrique oscille autour de la cote 135 m, avec des périodes de hautes eaux (avril-mai-juin) et des périodes de basses eaux (octobre-novembre-décembre). L'année 2012 semble être particulièrement marquée par des niveaux d'eau assez bas, ainsi que 2014 (mais c'est nettement moins visible sur le graphique).

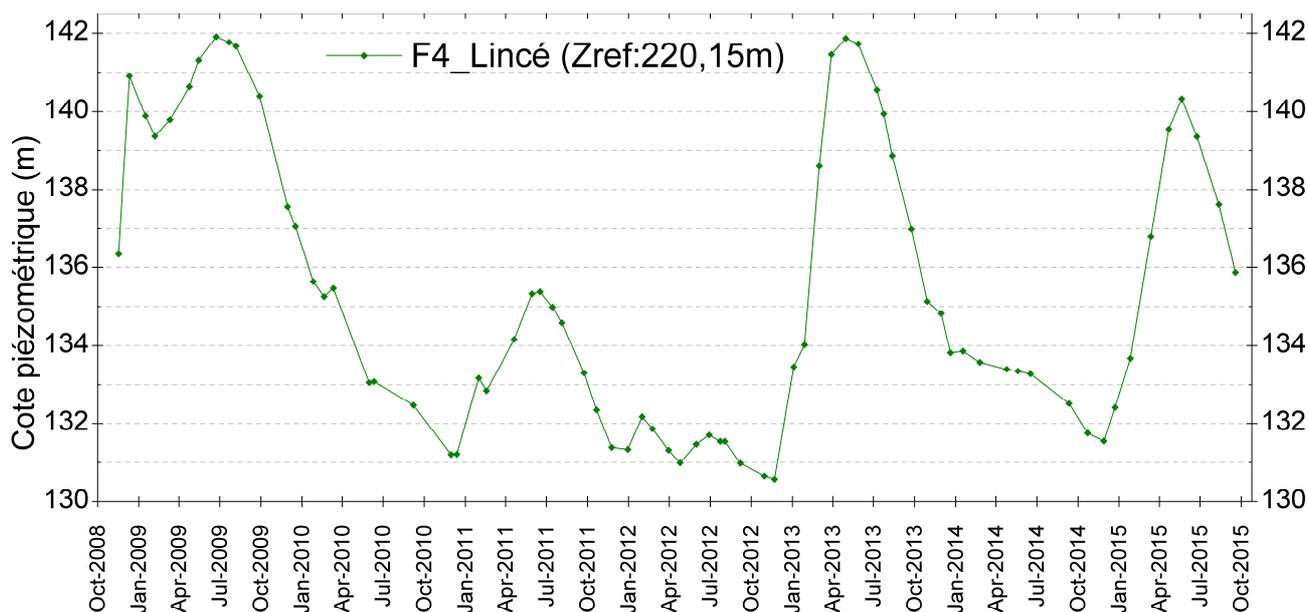


Figure IV.10: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère au piézomètre F4_Lincé- Synclinal de Chanxhe-Sprimont

IV.2.1.5. Synclinal de Martinrive (vallée de l'Amblève)

Le synclinal de Martinrive est le prolongement, en rive droite de l'Ourthe, du synclinal d'Anthisnes. Large de 1000 à 1400 m, il s'étire d'ouest en est (Figures IV.2 & IV.11). Contrairement à la partie occidentale (Anthisnes), l'écoulement de surface est prédominant, dont le principal représentant est l'Amblève. La rivière draine la nappe logée dans les calcaires carbonifères, dont l'exutoire final est l'Ourthe. La direction générale de l'écoulement souterrain au sein du synclinal de Martinrive est donc vers l'ouest.

Dans cette partie aval du bassin de l'Amblève, ses affluents s'écoulent majoritairement depuis le versant sud (rive gauche), d'abord sur les grès fameniens puis, pour certains, sur les calcaires carbonifères (Figures IV.3 & IV.11). Une étude hydrologique de ces ruisseaux a été menée (Naa, 1977). Ces ruisseaux ont été jaugés, via un déversoir, pendant 8 mois (oct. 1976 à mai 1977). L'étude des hydrogrammes a permis de montrer que les sources de ces ruisseaux sont presque toutes des sources de "débordement" de la nappe des grès du Famennien. Plusieurs des bilans hydrologiques calculés ferment mal, avec des termes de bouclage parfois supérieurs à 20 %. Cela indique que des échanges entre sous-bassins ont lieu.

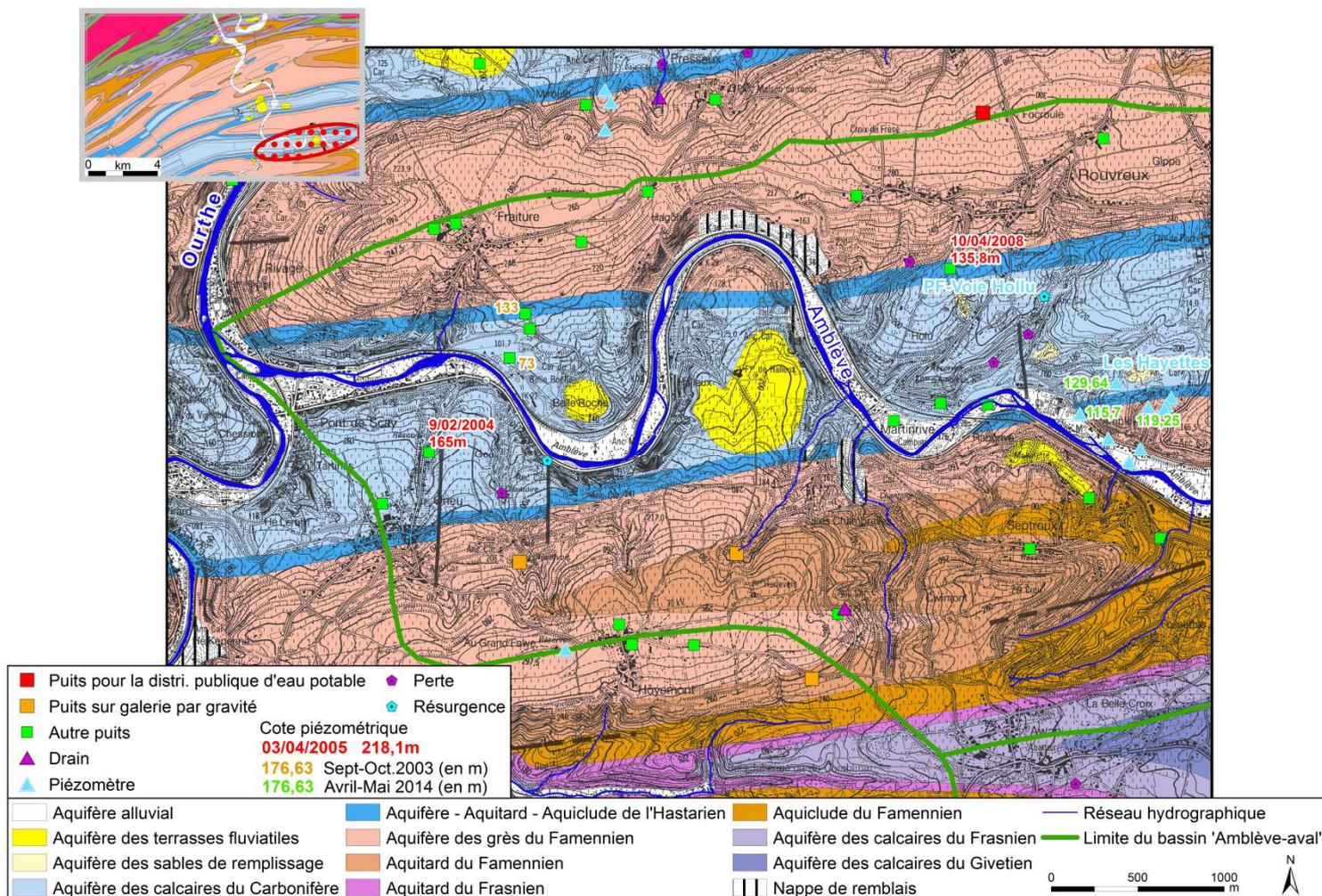


Figure IV.11: Synclinal de Martinrive – Carte Tavier-Esneux

Quelques données piézométriques sont disponibles au droit de puits situés dans l'aquifère calcaire du synclinal de Martinrive (Figures IV.11 & IV.12). Cependant, ces relevés piézométriques sont fragmentaires et ne permettent qu'une interprétation sommaire qui pourrait être affinée, à l'avenir, avec des plus longues chroniques.

Des données ponctuelles prises dans des puits dans la zone de la Belle Roche confirment le caractère drainant de l'Amblève. Les niveaux d'eau mesurés en automne 2003 dans les puits 'Pierreuxchamps' (bord nord du synclinal, cote à 133 m) et 'Belle Roche' (à proximité de la rivière, cote 73 m) indiquent bien un écoulement souterrain dirigé vers l'axe du synclinal et vers l'Amblève; niveau de base local de l'aquifère calcaire.

Au sud-ouest de Rouvrex, sur le flanc septentrional du synclinal, le puits privé 'Voie Hollu' est foré dans l'aquifère-aquitard-aquiclude de l'Hastarien. Quelques niveaux d'eau y ont été mesurés entre septembre 2006 et avril 2008 (Figure IV.12). Sur base de la chronique disponible, le niveau de la nappe en ce point présente des variations d'une quinzaine de mètres. La nappe semble réagir à la recharge avec plusieurs mois de décalage, sans doute dû à la localisation du puits dans une zone de faible conductivité des terrains de couverture (Brouyère *et al*, 2009).

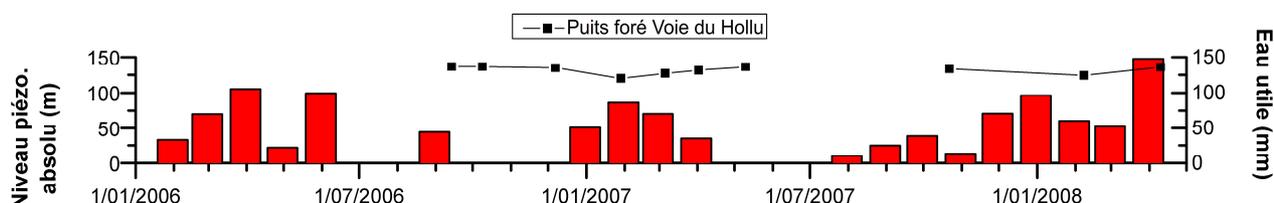


Figure IV.12: Mise en relation de la variation piézométrique avec l'eau utile mensuelle calculée pour le puits 'Voie Hollu' situé dans le synclinal de Martinrive (Brouyère et al, 2009)

Sur le flanc méridional du synclinal, à Florzé (Sprimont), la SPAQuE gère le site 'Aux Hayettes' (Figure IV.11). Plateau artificiel issu du comblement du vallon par, entre autres, des déchets calcaires. Ce site a été contaminé ainsi que les terrains en contrebas. Dès 1992, un vaste plan de réhabilitation a été mis en place. Ce travail a été achevé en novembre 2000. Actuellement, ce site fait toujours l'objet d'une surveillance environnementale régulière par la SPAQuE. Diverses études ont été menées sur ce site afin de caractériser au mieux les pollutions en présence, le contexte environnemental... Plusieurs piézomètres ont été forés. Ils sont implantés soit dans l'unité hydrogéologique de l'Hastarien, soit dans l'aquifère des grès du Famennien. Les niveaux d'eau relevés montrent que l'écoulement souterrain est dirigé vers le sud-ouest, parallèlement aux couches, vers l'Amblève (exutoire de la nappe)(SPAQuE, 2009a).

IV.2.1.6. Bande nord de calcaires dévoniens, entre Berleur et Dolembreux

Traversant d'est en ouest la partie septentrionale de la carte, les aquifères calcaires du Frasnien et du Givetien sont séparés par un mince horizon aquitard (les calcaires argileux de la Formation de Presles, non cartographiable vu la faible épaisseur de la couche). D'après les données disponibles, essentiellement issues de l'étude du karst et des traçages réalisés, cette unité hydrogéologique ne constitue pas une réelle barrière aux écoulements souterrains entre les deux aquifères calcaires du Dévonien.

Sur la carte Tavier-Esneux, très peu de puits sont implantés dans cette nappe (<5 % des ouvrages recensés). Les données hydrogéologiques sont, de ce fait, assez rares (Figure IV.13). Au sud de Rotheux-Rimièr, dans la partie occidentale de cette bande calcaire, deux niveaux piézométriques ont pu être mesurés en 2003. L'eau se trouvait à une profondeur de 25 à 35 m. Sur base de ces cotes piézométriques et des essais de traçage réalisés dans le karst, le sens général de l'écoulement souterrain a été déterminé. Les eaux souterraines s'écoulent vers le nord-est, en direction de l'Ourthe. La rivière draine ainsi les eaux logées dans les calcaires du Dévonien (niveau de base de la nappe). Aucune donnée hydrogéologique, excepté les données relatives aux phénomènes karstiques, n'existe pour caractériser la partie orientale (rive droite de l'Ourthe) de l'aquifère des calcaires dévoniens de la bande nord de la carte Tavier-Esneux. Néanmoins, d'après l'étude du karst (détaillée au sous-chapitre [IV.2.5](#)), l'Ourthe constitue aussi le niveau de base (exutoire) de l'aquifère des calcaires dévoniens, s'étirant d'Esneux à Dolembreux.

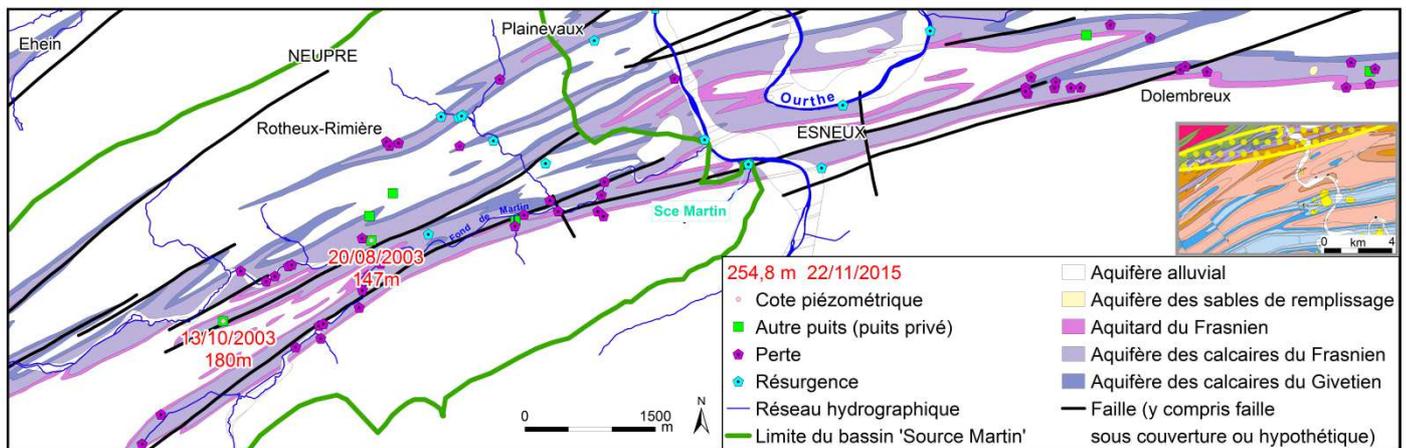


Figure IV.13: Aquifères des calcaires frasniens et givetiens de la partie nord de la carte Tavier-Esneux

Les calcaires du Frasnien et du Givetien situés en rive gauche de l'Ourthe (partie ouest de la bande calcaire) font partie du bassin, nommé 'Source Martin'. Ce bassin prolonge le bassin 'Magrée', décrit au point IV.2.1.2 ci-dessus (vue d'ensemble sur la Figure IV.3). La station limnimétrique a été placée peu après une exsurgence, la Source Martin, située dans un petit fond à 500 m au sud de la confluence du ruisseau Martin avec l'Ourthe (Figure IV.13). La superficie de ce bassin est d'environ 45 km² dont 31 km² sur la carte Tavier-Esneux. Le réseau hydrographique de surface de ce bassin est sec quasi toute l'année. Les phénomènes karstiques sont nombreux dans ce bassin. Plusieurs pertes et résurgences jalonnent le ruisseau du Fond de Martin et ses petits affluents. Ces chantoirs interceptent la majeure partie du

ruisseau. Les auteurs de l'étude (Brouyère *et al*, 2009) rappellent que cette station ne mesure pas le débit provenant ni du réseau hydrographique de surface, ni des quelques petites résurgences directement localisées dans la berge de l'Ourthe. Lors d'évènements pluvieux intenses, la part d'eau drainée par les ruisseaux est faible et non intégrée au bilan. Il faut aussi noter que l'emplacement de la sonde étant à proximité de la confluence avec l'Ourthe, la mesure du débit est influencée par la montée de l'Ourthe, en périodes de crue.

Dans le bilan calculé pour l'année hydrologique d'octobre 2006 à septembre 2007, l'évapotranspiration réelle (ETR) vaut 64 % des précipitations ($P=935$ mm), la lame d'eau écoulée à l'exutoire (débit Sce Martin) représente seulement 15 % des pluies, faible valeur en lien direct avec la non prise en compte de tous les volumes d'eau écoulés dans le bassin. Le terme de bouclage s'élève à 15 %. Ce déficit implique un flux sortant du bassin. Ainsi, une quantité importante d'eau quitte le bassin par écoulement souterrain et rejoint l'Ourthe (niveau hydrogéologique de base). Ce flux passe sans doute par les axes de synclinaux calcaires du Dévonien en direction du nord-est (Brouyère *et al*, 2009).

IV.2.1.7. Anticlinal d'Awan (calcaires dévoniens)

Au sud-est de la carte, se trouve l'anticlinal d'Awan (Figure IV.14). Hydrogéologiquement, il s'agit d'un aquifère calcaire, formé par les calcaires du Frasnien et les calcaires du Givetien. Entre ces deux unités, une mince couche de shales (aquiclude) a été identifiée (Formation de Nismes). Sur base des informations collectées, aucun ouvrage de prise d'eau ou piézomètre n'est implanté dans cette structure dont le cœur est formé des calcaires givetiens. A l'est, le chantoir d'Awan a fait l'objet d'essais de traçage qui ont indiqué un écoulement souterrain dirigé vers l'est (voir sous-chapitre [IV.2.5](#)).

L'étude hydrogéologique menée sur le bassin du Boé (confluence avec l'Ourthe directement au sud de la carte Tavier-Esneux) a montré que les ruisseaux, affluents du Boé, sont issus de source de débordement de la nappe logée dans les formations détritiques du Famennien (Naa, 1977). Le ruisseau du Boé, quant à lui, s'écoule sur les calcaires frasniens et givetiens. Le bilan hydrologique de ce bassin ferme mal. Vu le contexte karstique dans la zone orientale, il est très probable qu'une partie des eaux tombées sur le bassin s'écoule souterrainement vers l'est.

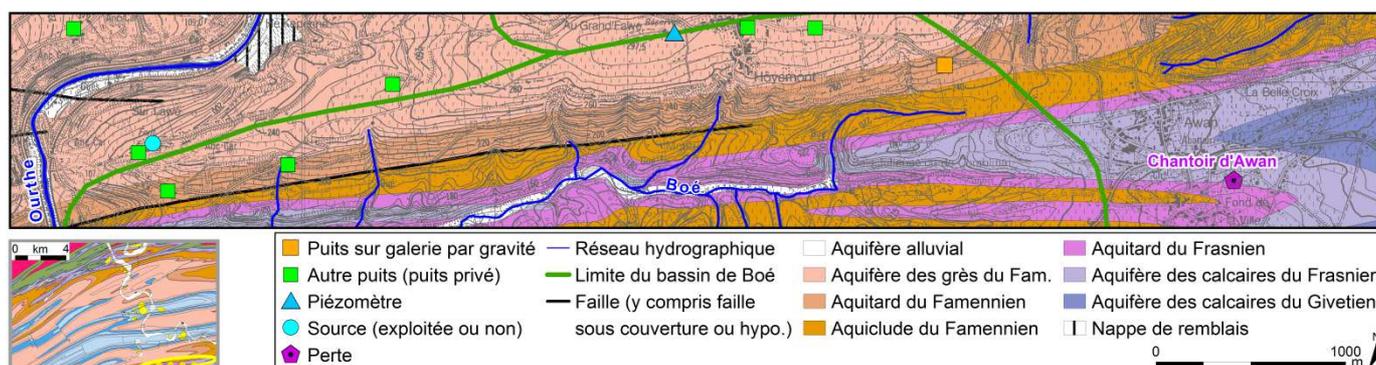


Figure IV.14: Anticlinal calcaire d'Awan - Carte Tavier-Esneux

IV.2.2. Aquifère des grès du Famennien

S'ils sont suffisamment altérés ou fissurés les grès famenniens peuvent constituer un bon aquifère. La perméabilité de ces terrains est de deux types: une perméabilité de pores, développée dans la frange altérée et une perméabilité de fissures correspondant aux réseaux de fracturation, en profondeur. Ainsi, on y distingue deux types de nappes: la nappe d'altération du sommet sous la pénéplaine et la nappe de fissures sous-jacente. Les grès s'altérant en sables peuvent contenir un aquifère intéressant. Sur ces terrains pénéplanés, l'épaisseur de cette frange altérée peut varier, généralement, de quelques mètres à une vingtaine de mètres. Si le taux de fissuration est suffisamment élevé, un horizon aquifère, particulièrement intéressant, peut se développer dans les niveaux gréseux et dans une moindre mesure dans les horizons silteux, moins perméables. Le rôle des failles est sans doute non négligeable surtout lorsque celles-ci affectent les passées plus gréseuses. Elles permettent alors de stocker et/ou drainer des quantités d'eau importantes.

Les écoulements souterrains au sein des grès sont généralement dépendants de la topographie. Une étude régionale sur les potentialités des aquifères gréseux (LGIH, 1989b) a mis en évidence un axe d'écoulement préférentiel des eaux souterraines suivant l'axe des plis, vers les points bas, avec un déversement latéral par débordement au contact avec les shales peu perméables et vers les rivières qui recoupent les anticlinaux gréseux. Ainsi, sur la carte Tavier-Esneux, l'écoulement des eaux souterraines se fait préférentiellement vers l'Ourthe, suivant la stratification des bancs (vers l'ouest en rive droite, vers l'est en rive gauche), comme le valident les cotes piézométriques reprises sur la carte principale du poster.

Les anticlinaux dévoniens sont généralement en position haute (perchés) par rapport aux synclinaux carbonifères. Ainsi l'aquifère des grès du Famennien se déverse vers les aquifères des calcaires. Quelques niveaux d'eau mesurés dans des puits et piézomètres indiquent que le niveau piézométrique de la nappe des grès est supérieur à celui observé dans la nappe des calcaires. L'écoulement se fait vers les points bas, avec déversement latéral par "débordement" au contact avec les shales peu perméables.

En période de non-alimentation (absence de recharge), le niveau piézométrique peut descendre sous la cote de débordement, ce qui tarit les sources latérales. L'écoulement principal continue en direction E-W. Il subsiste, généralement, une bonne capacité de réserve d'eau dans la zone axiale du pli.

La suite de ce chapitre sur l'aquifère des grès du Famennien de la carte Tavier-Esneux s'organise en deux volets: les grès famenniens de la rive gauche de l'Ourthe et ceux de la rive droite. Les aquifères gréseux sont en position anticlinale, alternant avec les synclinaux calcaires du Carbonifère, structure géologique typique du Synclinorium de Dinant (Figure IV.2). Les nappes logées dans la partie est seront plus détaillées, plusieurs sites ayant fait l'objet d'études hydrogéologiques.

IV.2.2.1. Grès de la rive gauche de l'Ourthe (partie ouest)

Sur la carte Tavier-Esneux, quelques prises d'eau privées sollicitent l'aquifère des grès du Famennien de la rive gauche de l'Ourthe. Des compagnies d'eau (SWDE & CILE) exploitaient jadis cette ressource en eau via des galeries drainantes. Dès lors, très peu de données hydrogéologiques sont disponibles pour caractériser en détails cette nappe (Figure IV.15).

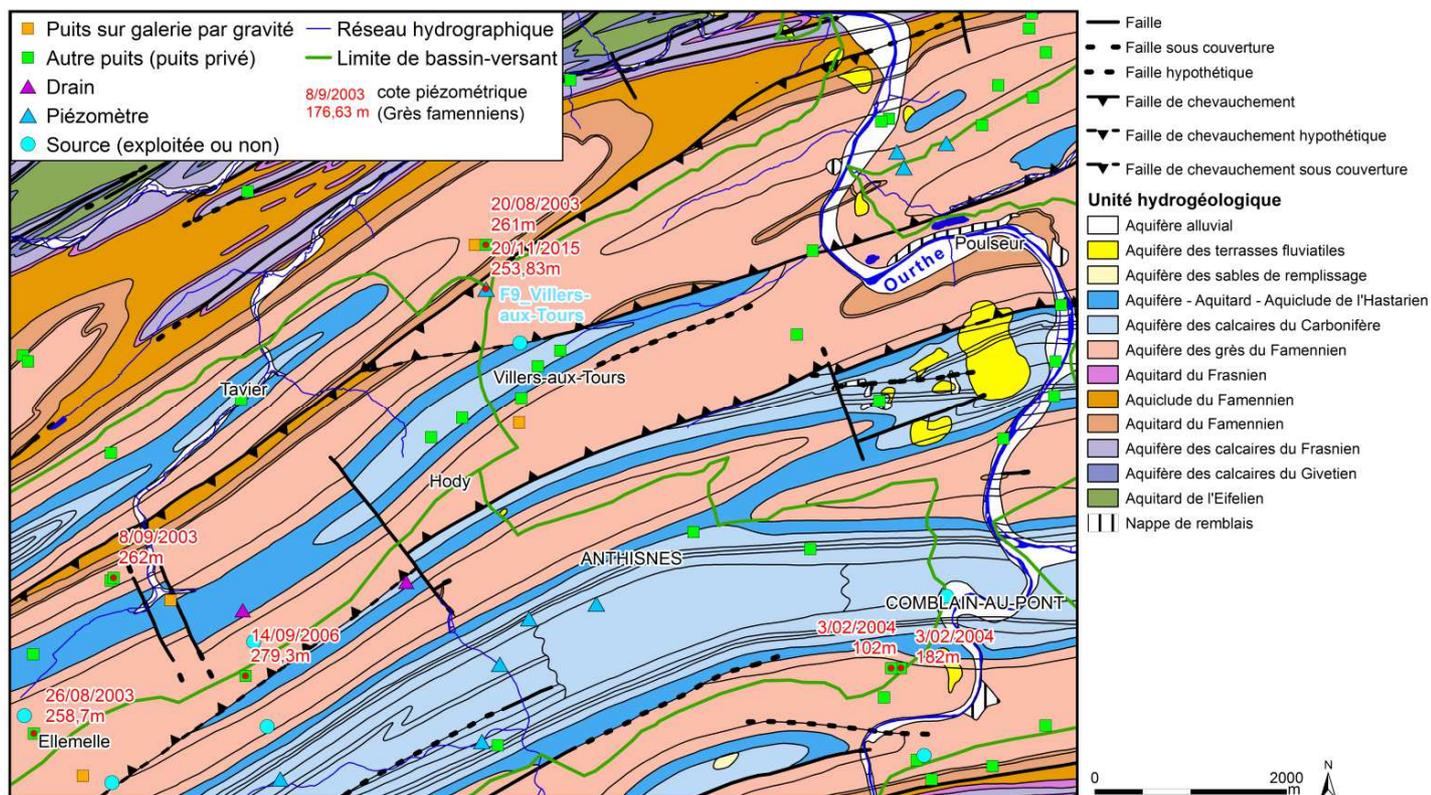


Figure IV.15: Aquifères des grès du Famennien - Rive gauche de l'Ourthe - Partie ouest de la carte Tavier-Esneux

En août 2008, un piézomètre a été foré pour le compte du Service Public de Wallonie à Villers-aux-Tours (GEOLYS, 2008). Profond de 60 m et crépiné sur 36 m, le niveau d'eau dans ce forage est régulièrement mesuré (Figure IV.16). L'amplitude des variations piézométriques est faible, comprise entre 1,5 et 4 m. Les hautes eaux se présentent en mars-avril. Ensuite, le niveau piézométrique descend pour atteindre un niveau de basses eaux en automne (voire début de l'hiver). On observe également un cycle interannuel où une périodicité de deux ans semble apparaître, avec des années de hautes eaux (2011/2013/2015) et des années de basses eaux (2010/2012/2014). Cette interprétation est à confirmer, dans l'avenir, avec une chronique piézométrique plus longue. Le comportement piézométrique de l'année 2012 est assez erratique, avec une remontée piézométrique en été (début automne), comme cela a déjà été observé sur d'autres chroniques piézométriques (voir sous-chapitre IV.2.1).

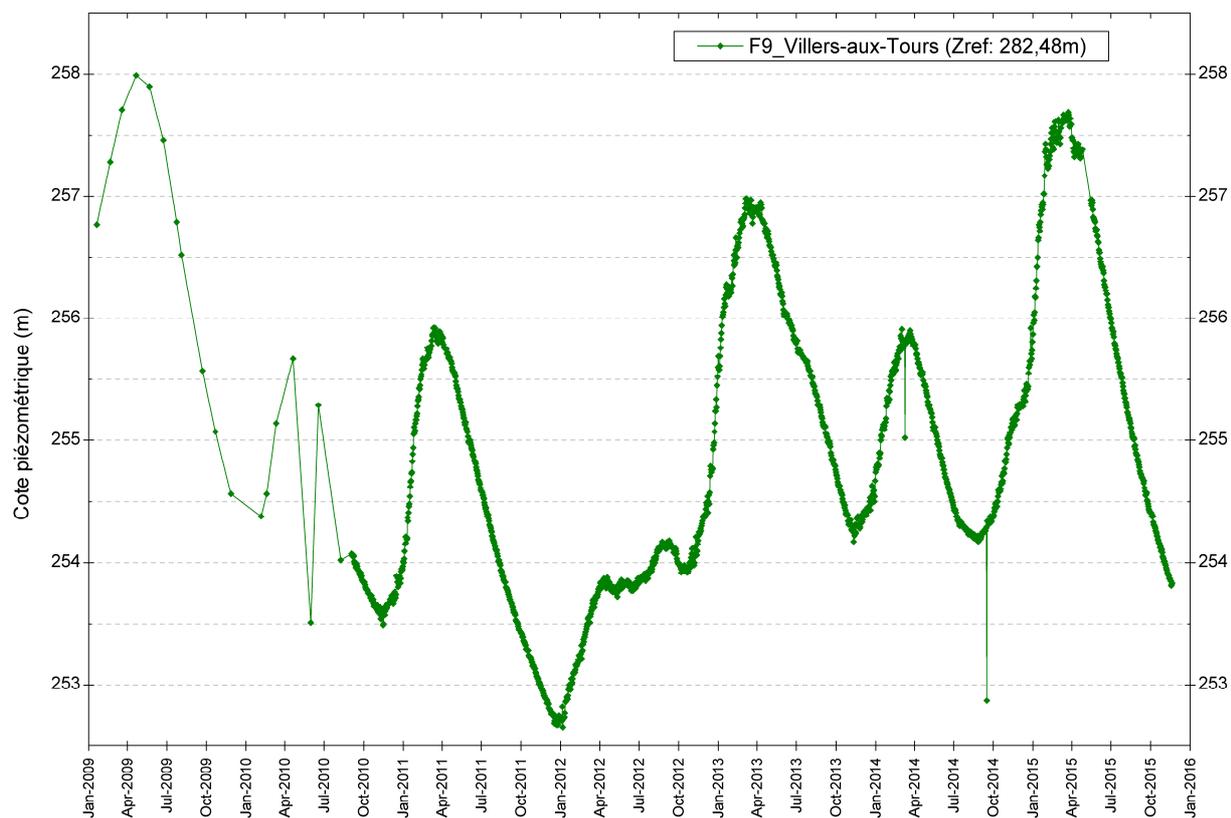


Figure IV.16: Fluctuations piézométriques de la nappe des grès du Famennien au piézomètre F9_Villers-aux-Tours – Rive gauche de l'Ourthe – Partie ouest de la carte Tavier-Esneux

IV.2.2.2. Grès de la rive droite de l'Ourthe (partie est)

Les aquifères gréseux du Famennien de la rive droite de l'Ourthe, sur la carte Tavier-Esneux, sont nettement plus exploités que ceux affleurant sur l'autre versant de la rivière. La SWDE possède quatre prises d'eau, toujours en activité, sollicitant cette nappe (Dolembreux D1-P3, Lincé P5, Beauval G). Plusieurs ouvrages privés y sont également recensés (Figure IV.17).

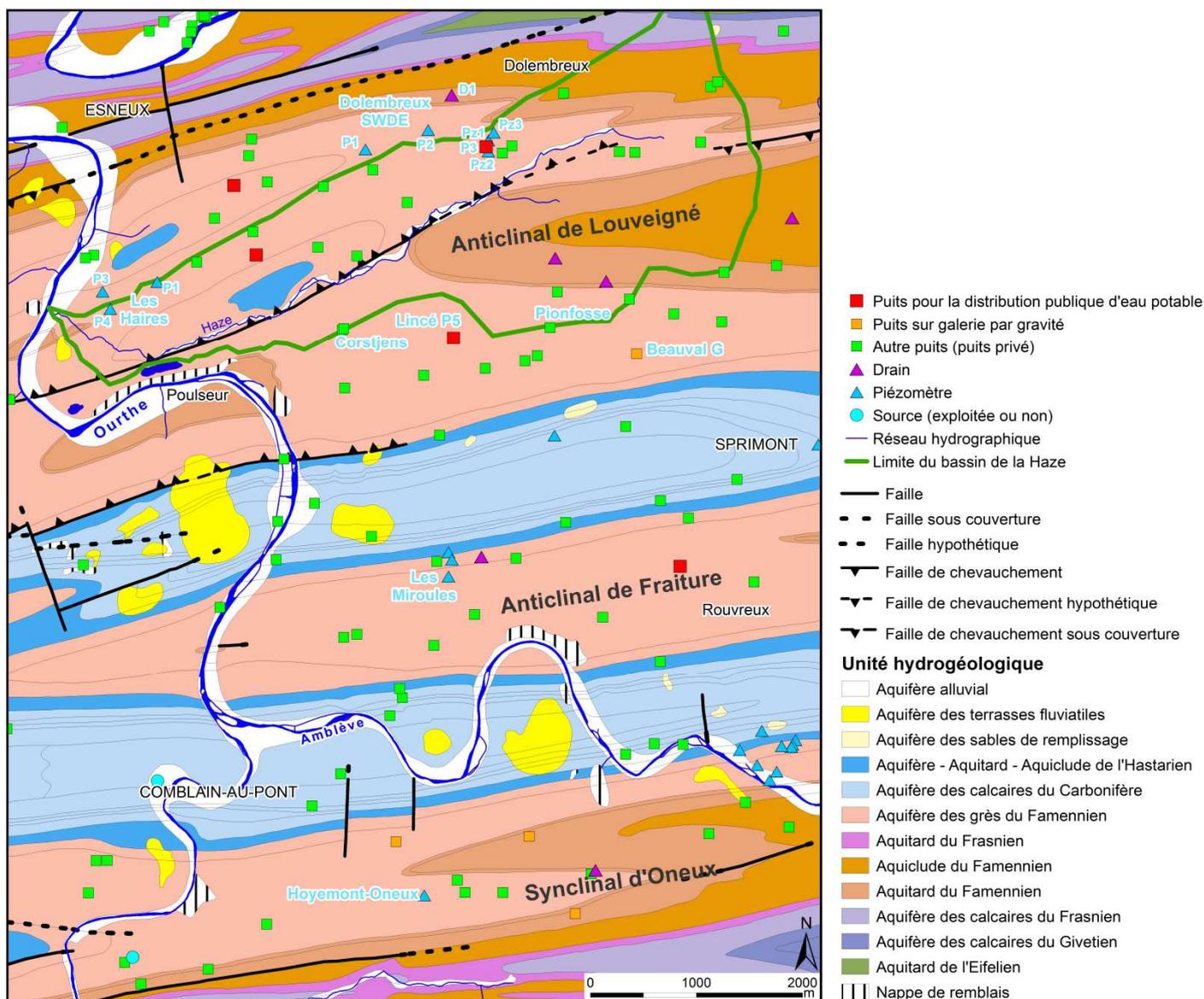


Figure IV.17: Aquifères des grès du Famennien - Rive droite de l'Ourthe - Partie est de la carte Tavier-Esneux

Bien que les données piézométriques soient relativement nombreuses, des isopièzes pour la nappe des grès du Famennien n'ont pas pu être tracées, les relevés n'étant pas synchrones. Dès lors, ces cotes piézométriques ponctuelles sont reportées sur la carte principale du poster, accompagnant cette notice.

Sur le flanc nord de l'anticlinal de Louveigné, se trouve le site de captage de Dolembreux, sur la commune de Sprimont (Figure IV.17). Il appartient à la SWDE et est composé de trois puits de production (dont un seul est en exploitation, P3), d'un drain et de trois piézomètres (Figure IV.18). Globalement, les forages recoupent, après la couverture limoneuse, des grès altérés et

des schistes (sur 15 à 30 m d'épaisseur selon le forage), puis des grès fracturés jusqu'à 70 m (profondeur des ouvrages)(SWDE, 1988; 2004; 2009). Tous ces ouvrages sont implantés dans l'aquifère gréseux du Famennien. Le puits P3 est crépiné sur une épaisseur totale de 25 m, entre 24,3 et 65,3 m. La chambre d'accès et les premiers 100 m (sur \approx 325 m) du drain D1 sont implantés dans l'aquitard du Famennien.

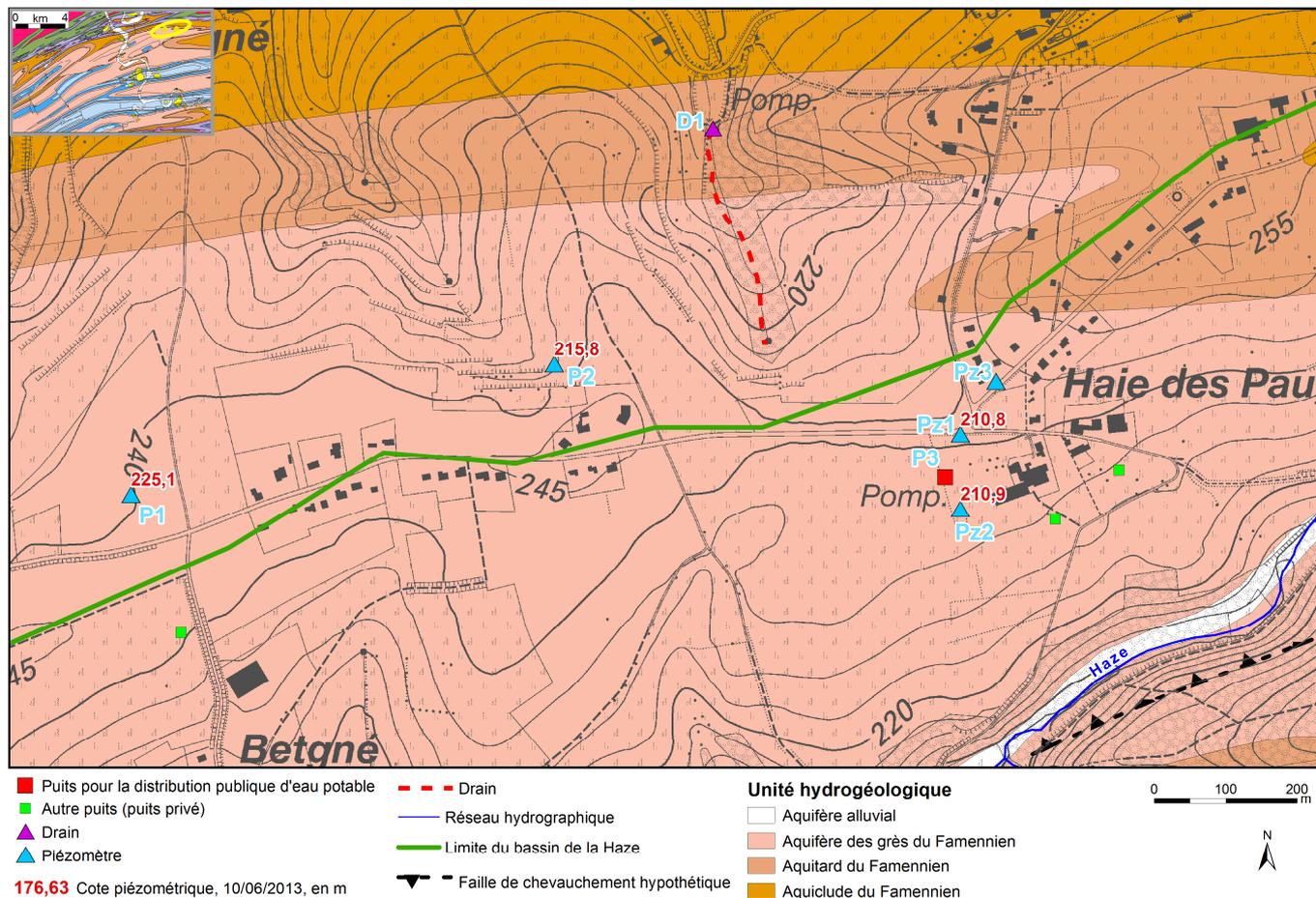


Figure IV.18: Site de captage de Dolembreux à Sprimont - SWDE

Le niveau piézométrique est régulièrement mesuré. L'allure piézométrique de la nappe logée dans les grès du Famennien suit, généralement, la topographie. Des rabattements locaux peuvent être observés en présence de pompages importants (ici, le puits P3). La direction de l'écoulement souterrain suit l'axe de l'anticlinal, une composante latérale transverse est aussi observée. Le ruisseau de la Haze draine partiellement l'aquifère, dont la partie logée dans le manteau d'altération. Dans les puits P1 et P2, l'eau est généralement à une quinzaine de mètres de profondeur, par rapport au sol. Pour les piézomètres Pz1 et Pz2, l'eau est plus basse, environ 25 m par rapport au sol. Ces deux ouvrages sont directement sous l'influence du pompage au puits P3 (cône de rabattement plus marqué). Sur base de la chronique piézométrique des puits P1 et P2 (Figure IV.19), on observe que la période de basses eaux démarre au automne et que les hautes eaux ont lieu au printemps. L'amplitude des variations piézométriques est assez faible, entre 1 et 2 m. Cette remontée de la nappe ne peut avoir lieu qu'avec un solde positif d'eau utile rendant l'infiltration possible. Dans un bilan hydrologique, calculé sur la période de janvier 2006 à avril 2007, de l'eau utile, selon modèle de Thornthwaite est disponible de novembre à fin mars (Caterina, 2007).

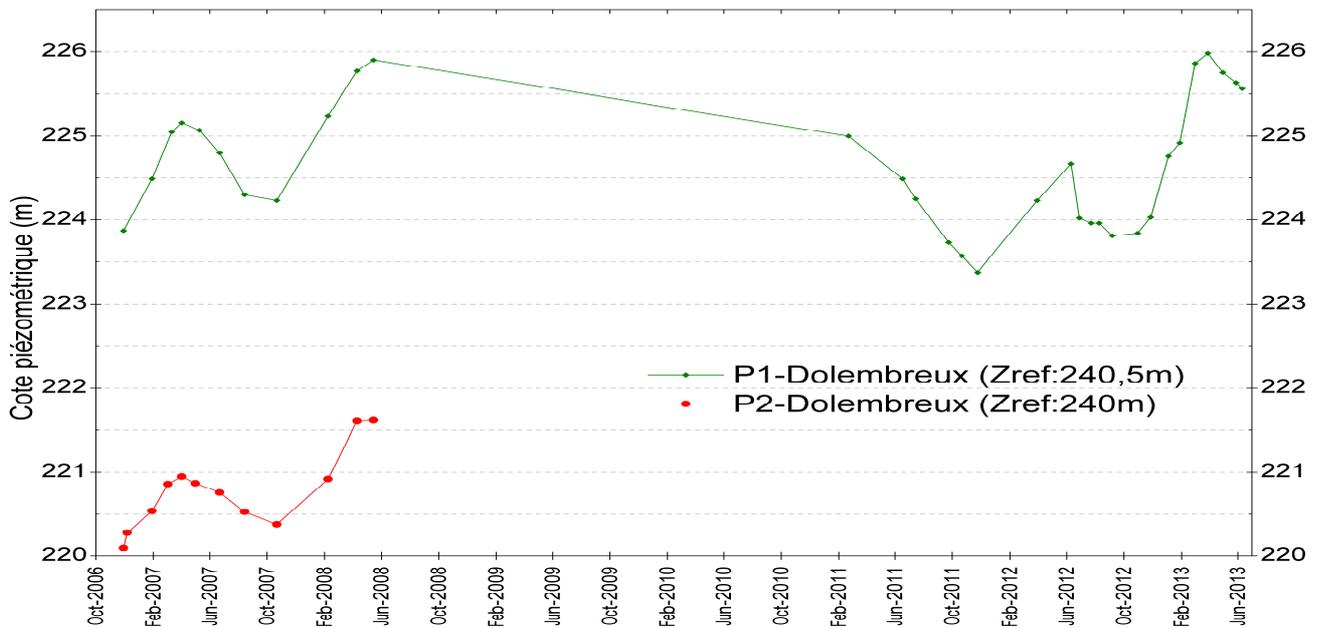


Figure IV.19: Fluctuations piézométriques de la nappe des grès du Famennien dans l'anticlinal de Louveigné - P1 & P2 Dolembreux, SWDE

Des essais de pompage et de traçage ont été menés sur ce site. Ils seront, plus amplement, abordés dans le [chapitre VII](#). Quelques éléments sont rapidement présentés ci-dessous. La conductivité hydraulique de l'aquifère des grès du Famennien au droit du site SWDE à Dolembreux est comprise entre 1×10^{-4} et 6×10^{-5} m/s. Les valeurs de transmissivité calculées au piézomètre Pz3 sont nettement meilleures que celles observées aux autres ouvrages. Cela serait dû à une épaisseur de terrain productif plus grande (estimée 50 m contre maximum 30 m définie par diagraphie). En outre, lors de l'essai de pompage sur Pz3, le comportement hydrodynamique du Pz3 et des ouvrages proches semble indiquer que ce piézomètre capte d'autres venues d'eau que celles qui alimentent les piézomètres Pz1, Pz2 et le puits P3. Considérant que la nappe des grès est libre, la porosité efficace de drainage peut être estimée via le coefficient d'emménagement S (calculé lors de l'essai de pompage), entre 0,03 et 0,06. La porosité efficace de transport n_e calculée sur base des résultats de l'essai de traçage est comprise entre 0,03 et 0,04 (Caterina, 2007; Brouyère *et al*, 2009).

Le niveau piézométrique a été suivi mensuellement en 2007 et 2008 sur d'autres ouvrages implantés dans l'aquifère des grès du Famennien. Ces chroniques mises en parallèle avec l'estimation de l'eau utile fournissent quelques enseignements sur le comportement hydrodynamique de la nappe logée dans les grès du Famennien (Figure IV.20). Le piézomètre P1 Haïres (site Lg2601-002 de la SPAQuE, à Esneux) a de faibles variations de son niveau piézométrique (maximum 2 m au cours de l'année). Cette faible amplitude est sans doute à lier à la situation du forage, dans la partie aval du bassin de la Haze, à proximité de l'exutoire (effet tampon) (Figure IV.17).

Sur le flanc sud de l'anticlinal de Louveigné, le puits Pionfosse est positionné en tête de bassin et sur la crête méridionale du bassin de la Haze (Figure IV.17). Cette situation explique très probablement l'amplitude annuelle du niveau piézométrique de l'ordre de 5 m. Vers l'est, sur cette même ligne de partage hydrographique, le niveau d'eau mesuré au droit du puits

Corstjens est à une profondeur comprise entre 40 et 53 m (sept 2006-avril 2007). Ces quelques données indiquent, comme pour le puits Pionfosse, la remontée du niveau piézométrique dès l'automne pour atteindre un pic au printemps.

Dans cette zone, la SWDE exploite, via deux ouvrages de prise d'eau, l'aquifère gréseux. Le puits Lincé P5 est profond de 55 m et recoupe d'abord une trentaine de mètres de terrains altérés avant les grès fracturés. Crépiné à partir de 40 m, le niveau d'eau, au repos, se situe à une vingtaine de mètres de profondeur. A environ 2 km à l'est, se trouve la galerie drainante Beauval G. D'une longueur de 175 m de long, elle est orientée nord-sud dans le petit vallon du ruisseau de Boval.

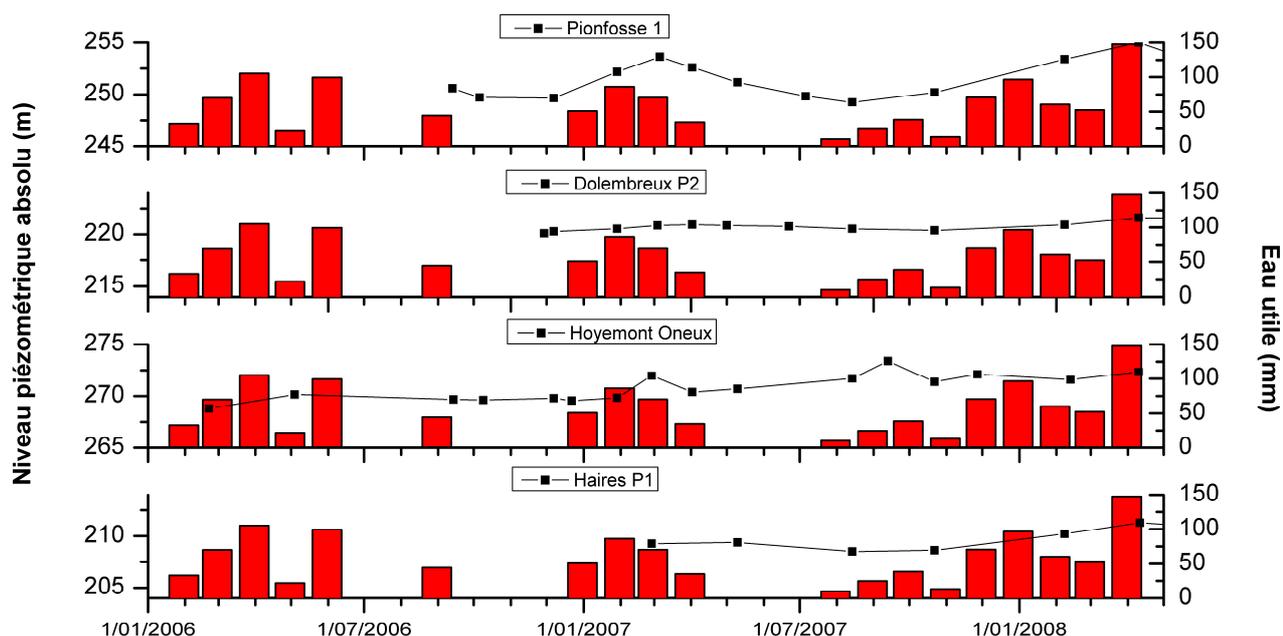


Figure IV.20: Mise en relation de la variation piézométrique avec l'eau utile mensuelle calculée pour les piézomètres situés dans l'aquifère des grès du Famennien, rive droite de l'Ourthe, carte Tavier-Esneux (Brouyère et al, 2009)

Au droit de l'anticlinal de Fraiture, à nouveau, les cotes piézométriques disponibles (voir poster AO) indiquent que l'écoulement souterrain principal suit l'axe du pli. Sur le flanc nord de l'anticlinal, sur les sites 'Les Miroules' (site Lgh6805-002 de la SPAQuE), quelques piézomètres sont implantés dans les grès du Famennien, d'autres dans les calcaires carbonifères. Comme déjà présenté au sous-chapitre IV.2.1.4, leurs niveaux piézométriques montrent qu'un écoulement latéral est aussi observé, avec déversement de la nappe des grès famenniens vers l'aquifère des calcaires carbonifères où les niveaux piézométriques sont inférieurs à ceux dans les grès.

Au sud de l'Amblève, positionné dans l'axe du synclinal gréseux d'Oneux, le forage Hoyemont-Oneux fait partie du réseau de suivi piézométrique du SPW (Figure IV.17). Ce forage est profond de 98,6 m et crépiné à partir de 68 m. Le niveau d'eau y est régulièrement mesuré depuis 2002 (depuis 2010, il est équipé d'un capteur de pression hydrostatique immergé avec télétransmission). La cote piézométrique de la nappe des grès du Famennien en ce lieu s'équilibre aux alentours de 273 m, résultant d'une profondeur moyenne de l'eau de 24 m. Le

niveau piézométrique de la nappe fluctue très faiblement (Figure IV.21). L'amplitude saisonnière est de l'ordre d'1,5 m, voire moins d'un mètre. Les variations interannuelles sont parfois plus marquées. Le cycle saisonnier est ponctué de périodes de basses eaux, en novembre-décembre, et de périodes de hautes eaux, en avril-juin. Sur le graphe avec l'eau utile mensuelle (Figure IV.20), on peut observer que les variations du niveau piézométrique réagissent rapidement à la recharge, tant dans l'élévation que la baisse du niveau d'eau.

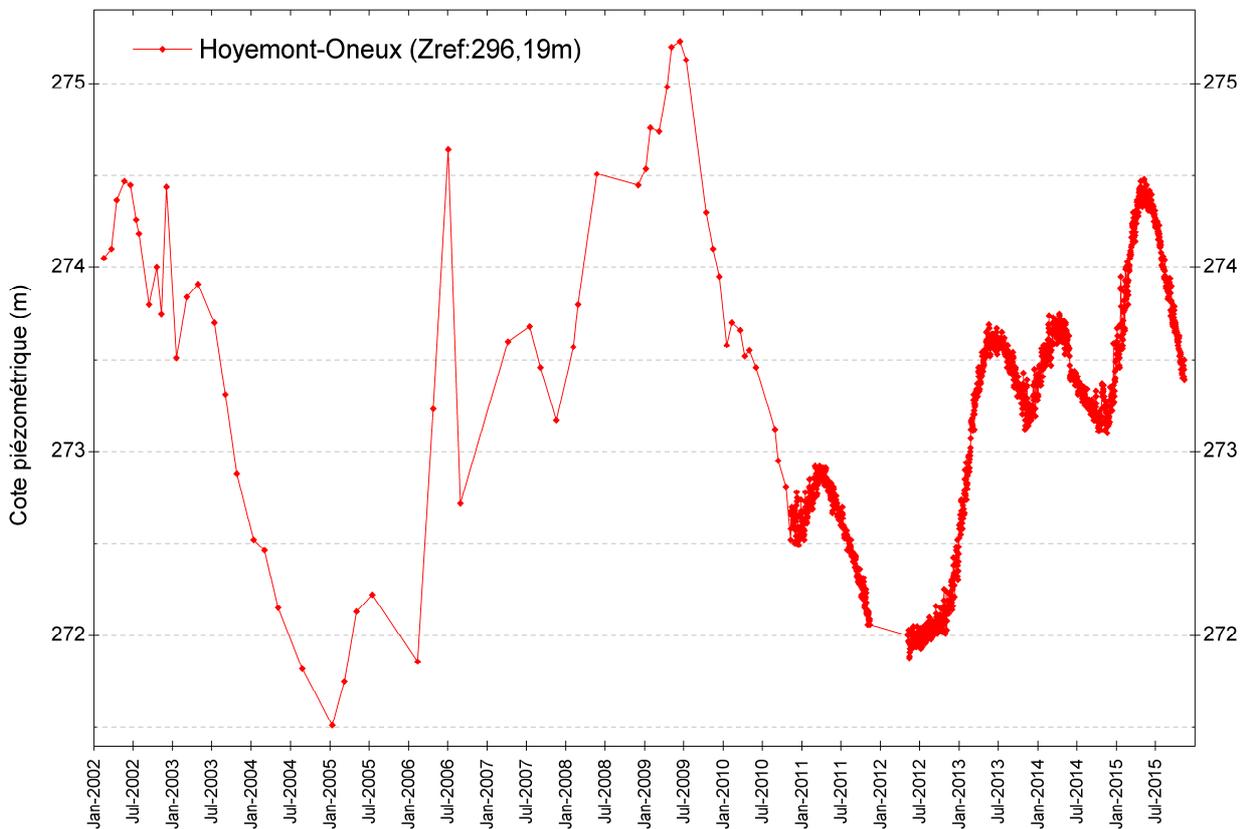


Figure IV.21: Fluctuations piézométriques de la nappe des grès du Famennien au piézomètre Hoyemont-Oneux Rive droite de l'Ourthe – Partie est de la carte Tavier-Esneux

Dans cette partie du bassin de l'Ourthe, se trouve le bassin hydrographique de la Haze (superficie: 10,5 km²). Il occupe l'anticlinal de Louveigné (Figure IV.17). Dans le cadre du projet 'Synclin'EAU' (Brouyère *et al*, 2009), le bilan hydrique pour l'année hydrologique 2006-2007 a été calculé. Avec une évapotranspiration réelle estimée à 62 % des précipitations (980,4 mm), il reste 38 % pour l'eau utile (eau disponible pour le ruissellement et l'infiltration). La lame d'eau écoulee à l'exutoire de ce bassin représente 29 % des précipitations. Le bilan ferme relativement bien ($\epsilon=2\%$). Ainsi, il ne semble pas y avoir ni d'import, ni d'export d'eau dans ce bassin, ou alors, ces flux 'in-out' s'équilibrent. Toutefois, la lithologie du bassin (roches détritiques) n'est pas propice à d'importants écoulements souterrains. Le ruisseau de la Haze draine son bassin hydrographique.

IV.2.3. Autres unités hydrogéologiques

Les unités hydrogéologiques du Carbonifère et du Dévonien supérieur forment les principales ressources en eau souterraine de la carte Tavier-Esneux. Néanmoins, les autres unités hydrogéologiques sont localement exploitées par des puits privés. Ainsi, quelques données piézométriques sont disponibles au droit des nappes alluviales et de l'aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.

IV.2.3.1. Aquifères alluviaux de l'Ourthe et de l'Amblève

Plusieurs puits sont implantés dans la plaine alluviale de l'Ourthe, on en dénombre moins dans la plaine de l'Amblève. Leur profondeur est faible, comprise entre 4 et 8 m.

Quelques niveaux piézométriques ont été relevés en automne 2003 (repris sur la carte principale du poster). En aval d'Esneux, à hauteur de Hony-Méry (nord de la carte) où sont répertoriés la plupart des puits sollicitant la nappe alluviale, les niveaux d'eau se situent entre 85,5 et 87,7 m, soit l'eau à 2,4-4,5 m de profondeur par rapport au sol. En amont d'Esneux, le niveau piézométrique est à environ 95 m. A Poulseur, la nappe est à environ 6 m de profondeur, soit à la cote piézométrique 94 m.

A Martinrive, dans la plaine alluviale de l'Amblève, l'eau était à 2,6 m, en septembre 2003, soit un niveau piézométrique à environ 117 m.

IV.2.3.2. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Occupant moins de 10 km² dans le coin nord-ouest de la carte Tavier-Esneux, l'aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur est sollicité par peu de puits. Aux alentours de Neupré, une petite dizaine d'ouvrages est répertoriée, des puits traditionnels de quelques mètres de profondeur à des puits forés plus profonds.

Le puits P-Bellaire, d'une profondeur de 13 m, est implanté dans la frange altérée de l'aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur. Le niveau piézométrique, en août 2003, était approximativement de 255,3 m, soit l'eau à 7,5 m du sol. Dans le bois de Rognac et du Beau Chêne, on peut observer des zones marécageuses, dues à la présence d'argile d'altération des formations du Praguien et de l'Emsien. Ces nappes perchées subaffleurantes sont de faible capacité.

Outre la nappe logée dans le manteau d'altération, il existe, en profondeur, une nappe de fissures. Le niveau piézométrique mesuré au droit du puits foré du cimetière américain est de 232 m en octobre 2003 (profondeur de l'eau: 19 m). En août 2013, avant l'équipement du puits (sonde géothermique), une mesure du niveau d'eau a été effectuée dans le forage, SG-Aguila. L'eau était à 8 m du sol, dans ce puits profond de 120 m. Ce niveau, relativement proche de la surface topographique, est une indication que la nappe profonde dans les horizons fracturés est sous pression.

IV.2.4. Relation entre les eaux souterraines et les eaux de surface & Modélisation hydrogéologique régionale (Projet Synclin'Eau)

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.

La relation entre les eaux souterraines et les eaux de surface a déjà été abordée dans les sous-chapitres précédents pour quelques cours d'eau de la carte. Dans les lignes qui suivent, cette problématique est abordée à l'échelle de toute la carte Tavier-Esneux pour l'ensemble du réseau hydrographique de la masse d'eau souterraine RWM021 (Figure IV.22). Si on exclut l'Ourthe et l'Amblève, la majorité des cours d'eau de la carte Tavier-Esneux est classée dans les échanges ESO-ESU de type "perte-résurgence". Les synclinaux calcaires carbonifères sont

intensément karstifiés, ainsi que les calcaires frasniens et givetiens. Lorsqu'ils ne sont pas repris dans la catégorie "perte-résurgence", les ruisseaux s'écoulant sur les calcaires sont perdants, comme par exemple dans le synclinal de Tavier. En général, les ruisseaux s'écoulant sur les formations schisto-gréseuses du Dévonien inférieur sont supposés drainants. Les quelques niveaux piézométriques disponibles ainsi que l'étude sur les potentialités aquifères des grès du Famennien (LGIH, 1989b) confirment cette hypothèse, par exemple avec le bassin du Fond de Martin. Au sein des grès du Famennien, les échanges ont lieu des eaux souterraines vers les eaux de surface, les cours d'eau sont dits drainants. Sur le bassin de la Haze, les investigations menées, telles que des niveaux piézométriques et le bilan hydrologique, confirment cette hypothèse (Brouyère et al, 2009).

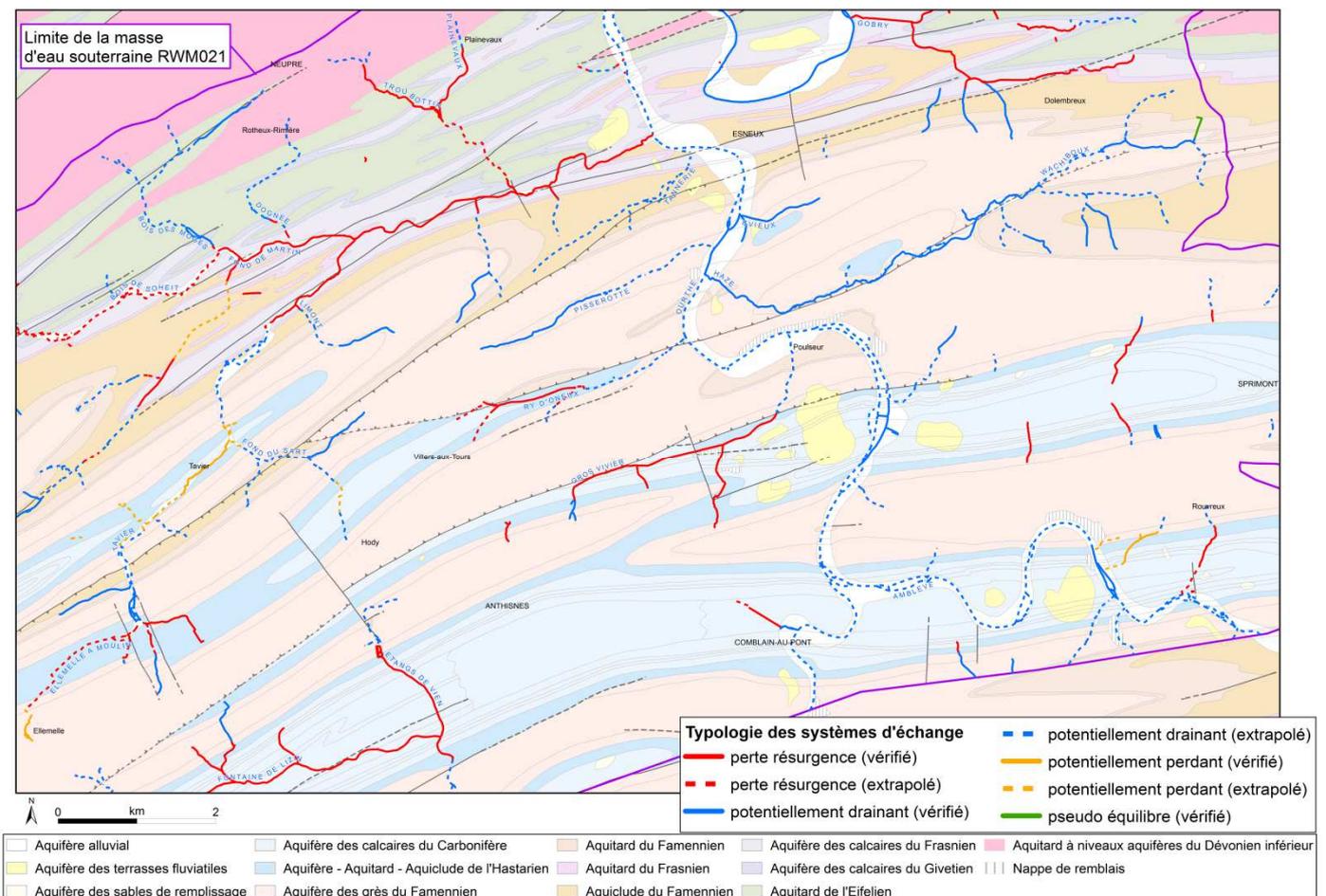


Figure IV.22: Interactions entre eaux de surface et eaux souterraines - MESO RWM021 sur la carte Tavier-Esneux (d'après Brouyère et al., 2009)

Modélisation hydrogéologique régionale

La masse d'eau souterraine RWM021 a fait l'objet d'une modélisation à l'échelle régionale sur base des données collectées lors de la phase de caractérisation hydrogéologique du projet "Synclin'Eau" (Leroy et al, 2010). Quelques résultats pertinents sont présentés ci-après. La figure IV.23 présente la piézométrie calculée, pour l'année 2006, en régime permanent (les sollicitations sont moyennées pour la période choisie). La calibration du modèle est basée sur les hauteurs piézométriques et les débits de base observés au droit de différents points de mesures répartis sur l'ensemble de la masse d'eau. Les résultats de cette modélisation sont à considérer à titre indicatif. En effet, la piézométrie présentée à la figure IV.23 pour l'ensemble du territoire correspondant à la carte est basée sur un calcul réalisé à l'échelle régionale. Elle n'a pu être calée, à plus petite échelle, sur tout le territoire modélisé. Localement, la piézométrie calculée est supérieure à la surface topographique, ce qui montre qu'une échelle beaucoup plus détaillée est nécessaire pour une modélisation physiquement plus significative dans cette zone. Si les valeurs piézométriques résultant de la modélisation régionale ne peuvent être utilisées sensu stricto, cette carte fournit plusieurs informations sur l'allure piézométrique globale des aquifères. Ainsi, dans les calcaires, la nappe est fortement rabattue par l'Ourthe, et secondairement par l'Ambève dans le quart sud-est. Les niveaux piézométriques dans les aquifères calcaires sont nettement plus bas que ceux dans les aquifères gréseux et schisto-gréseux du Dévonien. Les bassins hydrogéologiques ne correspondent pas forcément aux bassins hydrographiques.

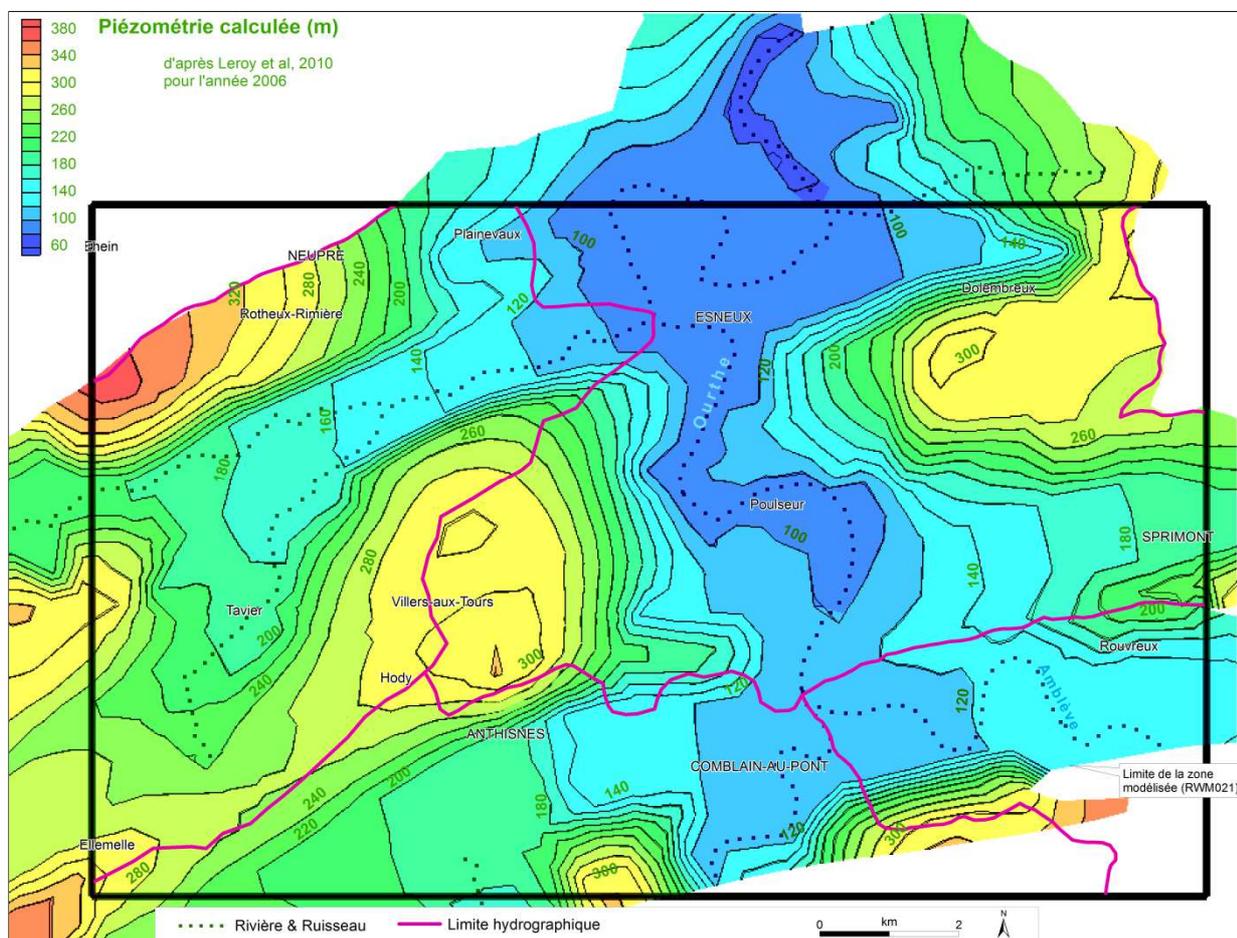


Figure IV.23: Piézométrie calculée (résultats du modèle calibré, à l'échelle régionale, pour l'année 2006, d'après Leroy et al, 2010)

IV.2.5. Phénomènes karstiques

De nombreux phénomènes karstiques sont répertoriés sur la carte Tavier-Esneux (Figure IV.24) (CWE PSS, 1996 & 2015). Certains ont déjà été mentionnés dans les sous-chapitres précédents. Tant dans les calcaires dévoniens que carbonifères, d'après l'Atlas du Karst, le karst est assez actif dans la région. En effet, d'une visite sur le terrain à l'autre, une évolution des sites karstiques est observée tels le recul de chanoir ou l'affaissement de dolines, voire l'apparition de nouvelles dolines. En outre, plusieurs vallées sèches sont observées sur le territoire de la carte. Sur les 466 phénomènes karstiques ponctuels recensés, 94 pertes et 22 résurgences sont dénombrées.

Des écoulements ont été identifiés au sein des différents systèmes karstiques. Plusieurs ont été validés par des tests de traçage. Ces essais ont permis d'établir les connexions entre des points d'infiltration et des résurgences en déterminant les axes préférentiels de l'écoulement souterrain. Ils ont également permis de quantifier les paramètres hydrodynamiques de plusieurs aquifères calcaires de la carte Tavier-Esneux. Les résultats sont détaillés dans le [chapitre VII](#), relatif aux paramètres d'écoulement et de transport.

Notons que depuis 2006, un réseau de surveillance des émergences karstiques a été initié en Wallonie (Meus, 2008; SPW-DGO3, 2014). Une sélection de huit émergences, sur deux masses d'eau souterraines (RWM021-RWM023), est suivie en continu quantitativement et qualitativement, dont trois sont localisées sur la carte Tavier-Esneux (Tableau IV.3).

Tableau IV.3: Réseau dit "des émergences" de la D GARNE, situées sur la carte Tavier-Esneux

	<u>Emergence</u>	<u>Commune</u>	<u>Code RW</u>	<u>Code Atlas du Karst Wallon (AKWA)</u>
Masse d'eau souterraine RWM021 - Calcaires et grès du Condroz	Tannerie	Esneux	49/2/1/038	49/2/036
	Trou Bleu	Chanxhe	49/2/5/017	49/2-078
	Moulin	Comblain-au-Pont	49/2/7/007	49/2-124

Calcaires dévoniens

Dans la bande nord de calcaires givetiens-frasnien de la carte Tavier-Esneux, plusieurs connexions karstiques ont été établies, tant en rive gauche qu'en rive droite de l'Ourthe (Figure IV.24). Au nord-ouest, deux systèmes karstiques, Neupré-Plainevaux (491s9) et Bottin (491s10), sont identifiés dans le synclinal calcaire. Le petit système "Trou Bottin" est composé d'une perte et d'une résurgence (peut-être plusieurs), ainsi que de dolines réparties entre ces deux points. La liaison n'a, cependant, pas été prouvée par un traçage (CWE PSS, FPMs, ULg, 1995-2005). La liaison karstique, du chanoir de Plainevaux à la résurgence de Rosière (Roche aux Faucons) en bordure de l'Ourthe, a été prouvée en 1998 par un traçage à la fluorescéine (Schoonbroodt, 1999). L'écoulement souterrain est dirigé dans le sens opposé à celui du ruisseau de Plainevaux.

Situé au sud, le système karstique de la Magrée (491s2-3-11-) est parcouru par plusieurs circulations souterraines. En février 1994, de l'uranine et de la rhodamine B ont été injectées, respectivement, dans la perte de Favincé (Douve de Baugnée) et le chanoir des Chasseurs.

Les deux traceurs ont été récupérés aux résurgences de la Tannerie et de la Magrée (Ph.Meus, comm.pers., 2015). Les résultats quantitatifs de ces essais sont présentés au chapitre [VII](#). Une liaison karstique est supposée depuis les pertes situées dans la vallée de Bottinfosse (Biétinfosse) jusqu'à la résurgence de la Magrée, en bordure de l'Ourthe.

En rive droite de l'Ourthe, la résurgence de Méry (Crèvecoeur - 492s1) est alimentée par des écoulements karstiques issus de plusieurs pertes dont deux sont situées sur la carte Tavier-Esneux. Un traçage a été effectué, en 1975, avec de la fluorescéine, depuis le Trou du Renard. A cette même période, un traçage a également été mené depuis les pertes du Dolembreux-Hautgné (492s2) dont le Trou du Furêts, vers la résurgence K12 (CWE PSS, 1996 & 2015). Tout-à-fait à l'est de la carte, le karst de Gros Confin (492s4) à Gomzé-Andoumont est formé de dolines, de chantoirs et de la résurgence des Forges (sur la carte 49/3).

Dans la bande calcaire du Dévonien, au sud-est de la carte, une liaison karstique (492s3) est établie entre le chantoir d'Awan et le Grotte du Chalet à Aywaille (carte 49/3).

Calcaires carbonifères

Deux grands systèmes karstiques sont présents dans les calcaires du Carbonifère de la carte Tavier-Esneux. Ils ont fait et font encore l'objet de plusieurs études afin de mieux comprendre leur mécanisme. En rive gauche de l'Ourthe, au sein du synclinal d'Anthisnes, on a le système karstique de la résurgence du Moulin. En rive droite, dans le synclinal de Chanxhe-Sprimont, le système karstique du Trou Bleû attire toutes les attentions. A côté de ces importants systèmes, des phénomènes karstiques, tels que des dolines, des cavités et abris sous roches, des chantoirs et résurgences, ont également été repérés dans les autres synclinaux calcaires de la carte (Figure IV.24).

A l'ouest, le système karstique du synclinal d'Anthisnes a fait l'objet de nombreuses études hydrogéologiques. Les premiers traçages datent de 1897 par Beaulieu (*in* Van den Broeck *et al*, 1910). Un colorant avait été injecté au chantoir de Lizin, sur la carte 49/5 au sud, réapparu à la résurgence du Moulin (491s6). Ensuite fin des années 80-début des années 90, d'autres campagnes de traçages ont été menées dans ce bassin (LGIH, 1989a; Meus, 1993). Des traceurs ont été injectés dans les pertes de Crossée (491s7-8), de Vien (491s5) et d'Anthisnes (491s4) ainsi que dans le piézomètre P14. Les traceurs ont été détectés à la résurgence du Moulin, ainsi qu'au P14 pour le traceur injecté au chantoir de Crossée (491s8). Ces tests sont détaillés dans la thèse de Meus (1993) et les résultats sont brièvement abordés au chapitre [VII](#). Ces données confirment que le bassin hydrogéologique de la résurgence du Moulin s'étend bien au-delà de son bassin hydrographique. On note ainsi que la majeure partie des eaux qui tombent dans le bassin du Blockai (Fontaine de Lizin, Etangs de Vien, Mont de Prés) s'infiltrent dans les calcaires et ressortent à Comblain-au-Pont. Outre les pertes, essentiellement situées sur le versant septentrional du synclinal, on dénombre aussi de nombreuses dolines, parfois partiellement remblayées.

Sur le versant oriental de l'Ourthe, le système karstique du Trou Bleu, situé dans le synclinal de Chanxhe-Sprimont est prospecté depuis 1960. Mais déjà en 1929, un premier traçage a été

réalisé depuis le Trou Renard (carte 49/3) vers la résurgence du Trou Bleu (également appelée Lac Bleu) à Chanxhe (Nys, 1929). Depuis, plusieurs autres grottes et pertes ont été mises en évidence. Pour la plupart, la liaison avec la résurgence du Trou Bleu a été établie par traçage. Le collecteur supposé parcourt 6,6 km pour un dénivelé de 160 m (CWEPPS, 1996 & 2015). En décembre 2012, suite à des tirs carriers dans la carrière de Sprimont Chanxhe, deux "creux karstiques" ont été ouverts dans la brèche calcaire viséenne du centre du synclinal. Une nouvelle grotte a ainsi été découverte (Collectif Noû Bleû, 2014a;b). Elle est située à proximité du Trou Bleu et donne directement accès à la circulation souterraine du vallon synclinal de Sprimont. Ce réseau sera nommé le Noû Bleû (Nouveau Bleu) par rapport à la partie anciennement connue (Lac Bleu = Vî Bleû). Son développement actuel (11/2013) est d'environ 3000 m et se compose principalement d'un étage inférieur où s'écoule la rivière (morphologie de dissolution en milieu noyé) et d'un niveau supérieur (avec des passages situés à différentes altitudes) comprenant des vastes salles concrétionnées et d'étroits couloirs (morphologie d'effondrements) (Ek *et al*, 2014). Depuis la découverte de cette cavité, les investigations dans le vallon calcaire du Sprimont se sont intensifiées. Plusieurs explorations subaquatiques sont toujours effectuées. Un levé topographique précis du réseau connu a été dressé. Un volet est aussi consacré à la faune cavernicole. Des relevés géologiques, sédimentologiques, cristallographiques sont actuellement menés, ainsi que des recherches hydrologiques et hydrogéologiques. Des mesures de débit ainsi que de différents paramètres physico-chimiques ajoutés à des essais de traçage sont effectuées de manière continue ou ponctuelle. Un jeu conséquent de données est collecté et continue de croître. Pour plus de renseignements, consulter le site Internet dédié à la grotte du Noû Bleû de Chanxhe-Sprimont (<https://sites.google.com/site/grottenoubleu/etudes>).

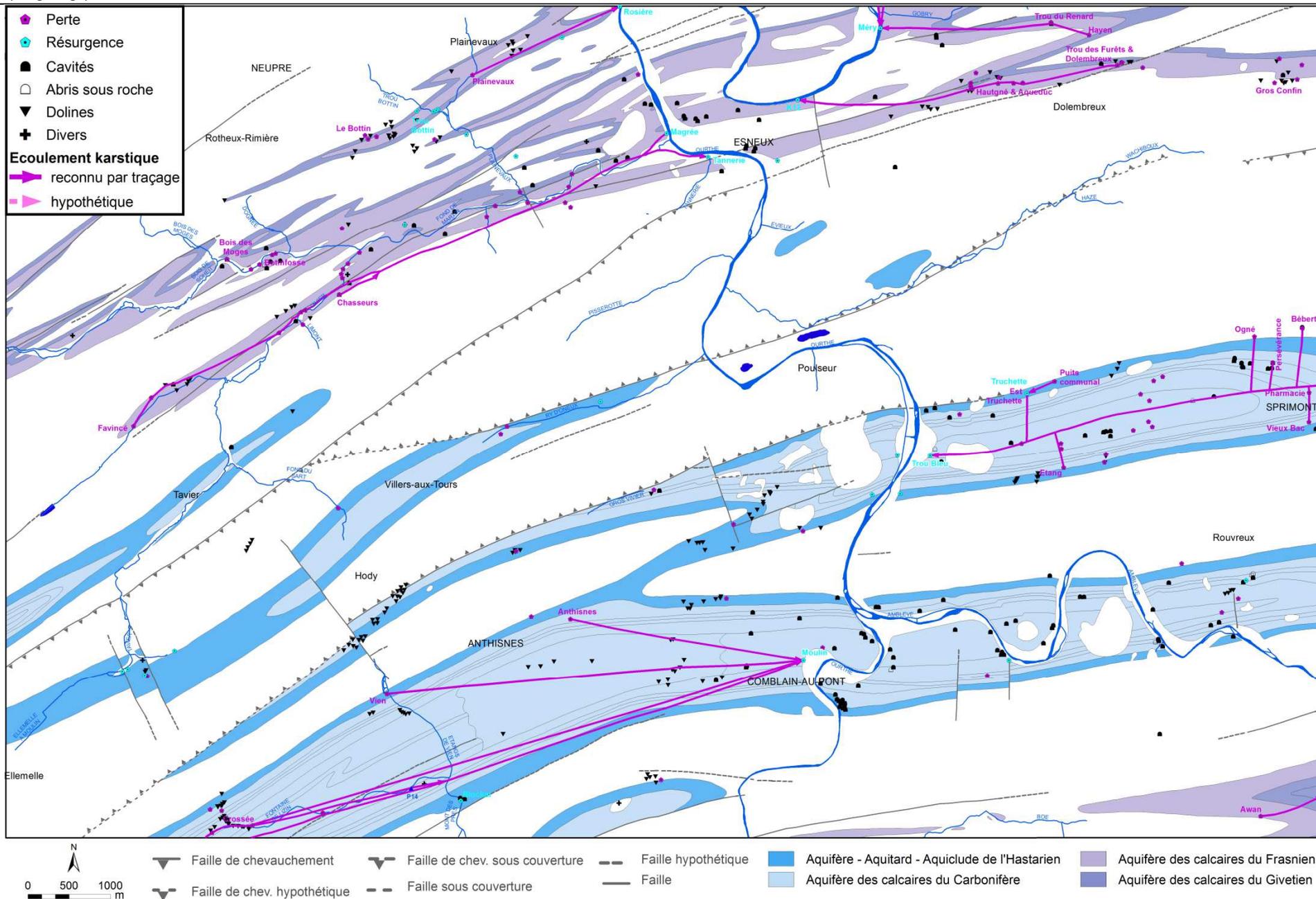


Figure IV.24: Phénomènes karstiques recensés dans la région Tavier-Esneux

IV.2.6. Coupes hydrogéologiques

La coupe, orientée nord-sud, traverse les villages de Méry, Dolembreux, Flagotier, Chanxhe, Fraiture et Oneux. Elle est située entièrement dans le bassin-versant de l'Ourthe, avec une partie de la coupe dans le sous-bassin de l'Amblève (tiers sud). Les autres ruisseaux recoupés sont le Gobry et la Haze.

Géologiquement, la coupe appartient à la partie orientale du Synclinorium de Dinant, vaste structure plissée avec des failles longitudinales et transversales. La coupe présentée sur la carte hydrogéologique recoupe plusieurs failles longitudinales dont trois sont nommées. Il s'agit, du nord au sud, des failles de chevauchement de Pepinster, de Villers-aux-Tours et de Hody. Dans les flancs, nord et sud, du Synclinorium de Dinant, d'autres failles longitudinales sont observées. Non nommées, il s'agit de failles inverses, parallèles à la direction des plis et d'extension limitée (Bellière et Marion, sous presse). Deux synclinaux calcaires majeurs sont traversés par la coupe: le synclinal de Chanxhe-Sprimont et le synclinal de Comblain. La coupe est entièrement située dans le Condroz où la structure 'Synclinal-Anticlinal', typique est bien visible. A l'exception du Dévonien inférieur, toutes les unités hydrogéologiques du Paléozoïque présentes sur la carte Tavier-Esneux sont recoupées par la coupe. Parmi les formations du Cénozoïque, seules les alluvions modernes sont recoupées par la coupe.

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^{ème}, l'échelle verticale est de 1/25 000 pour la coupe géologique et de 1/5 000 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 CC' de la carte géologique de Tavier-Esneux, levée par Bellière et Marion (sous presse). Quelques niveaux piézométriques, situés à proximité de l'axe de la coupe, y sont reportés. Ces coupes figurent sur le poster A0 accompagnant cette notice explicative.

Le report sur la coupe des quelques données piézométriques disponibles fournit de précieux enseignements. Les niveaux d'eau mesurés dans les aquifères calcaires sont plus profonds que ceux observés dans les aquifères gréseux. Ces derniers niveaux piézométriques sont, généralement, très proches de la surface topographique. Dans les puits profonds, cela signifie qu'ils captent, certainement, la nappe logée dans les horizons profonds fracturés (nappe sous pression). Les puits peu profonds sont alimentés par la nappe superficielle logée dans le manteau d'altération. Les niveaux d'eau mesurés dans l'aquifère des calcaires du Carbonifère reflètent le caractère plus perméable de cette unité hydrogéologique. Les eaux souterraines sont dirigées vers le cœur des synclinaux calcaires avec la nappe logée dans les aquifères gréseux s'y déversant. L'Ourthe constitue le niveau de base des aquifères de la région. L'Amblève joue aussi ce rôle pour les eaux souterraines logées dans le synclinal de Comblain. Le rôle du réseau hydrographique sur le rabattement des nappes (drainage) est mis en évidence par les quelques niveaux d'eau mesurés dans les deux synclinaux calcaires. En outre, dans le flanc sud du synclinal de Chanxhe, le niveau piézométrique relevé dans l'unité

hydrogéologique de l'Hastarien est peu profond. Rappelons que cette unité est hétérogène puisqu'elle regroupe les calcaires, les calcaires argileux et les shales du Tournaisien inférieur. Ainsi, cette cote piézométrique reflète probablement le seuil hydrogéologique au passage de l'aquiclude schisteux du Carbonifère (Formation de Pont d'Arcole), généralement marqué dans la piézométrie.

IV.2.7. Caractère des nappes

Le caractère des nappes rencontrées est spécifié: nappe libre, nappe semi-captive (semi-libre) ou nappe captive. Cette information est cartographiée sur la carte thématique traitant des informations complémentaires et du caractère des nappes. Cette détermination est basée sur le contexte géologique et hydrogéologique régional. Sur la carte Tavier-Esneux, toutes les nappes sont considérées comme des nappes libres. Notons qu'il a été choisi de caractériser la première nappe rencontrée (nappe à l'affleurement, sous la couverture limoneuse). Les nappes logées dans les horizons schisto-gréseux du Dévonien peuvent être considérées comme semi-captives. En effet, dans ces terrains, la nappe peut se retrouver en charge sous les couches plus argileuses (shales, siltites, argile d'altération).

IV.2.8. Piézométrie de la carte Tavier-Esneux

La structure géologique complexe, constituée d'une succession d'anticlinaux gréseux et de synclinaux calcaires, empêche l'établissement d'une carte piézométrique globale pour l'ensemble de la carte hydrogéologique de Tavier-Esneux. En effet, ces discontinuités géologiques induisent une séparation des aquifères. De plus, les possibilités de mesure du niveau piézométrique ne sont pas homogènes sur tout le territoire de la zone étudiée (répartition inégale des ouvrages, accessibilité des puits...). Ainsi, des isopièzes n'ont pas pu être tracées. Uniquement, des cotes ponctuelles, avec la date de prise de la mesure, sont reportées sur la carte principale (1/25 000) et sur plusieurs cartes des figures des sous-chapitres précédents.

A défaut d'une couverture piézométrique complète permettant de détailler le sens de l'écoulement souterrain, le niveau de la nappe ou encore le gradient piézométrique, quelques considérations générales peuvent être émises. L'Ourthe constitue le niveau de base des aquifères de la région (exutoire). L'Amblève joue aussi ce rôle pour les nappes que la rivière recoupe dans le quart sud-est de la carte. Les écoulements souterrains ont lieu selon l'étirement des synclinaux calcaires. Le réseau hydrographique pérenne constitue, en général, l'exutoire des nappes aquifères (drainage), indiquant ainsi le sens global de l'écoulement des eaux souterraines.

Des lignes de sources sont souvent visibles au contact de formations de perméabilités différentes. Ainsi, de tels alignements sont observables entre le Famennien et le Carbonifère, dus à la présence des shales de la Formation de Pont d'Arcole.

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

Sur la carte Tavier-Esneux, le niveau d'eau dans les nappes calcaires varie annuellement avec des amplitudes de 1 à 10 m, voire 15 m. Dans les aquifères gréseux du Famennien, les variations annuelles du niveau piézométrique sont plus faibles, de moins d'un mètre à 5 m.

L'amplitude des fluctuations piézométriques est fonction de l'emplacement des piézomètres dans le bassin hydrogéologique. En tête de bassin, au niveau des zones de crêtes piézométriques, l'écart entre les hautes eaux et les basses eaux est maximal. A l'inverse, au droit des puits situés à proximité de captages ou de cours d'eau drainants ou encore implantés dans un réseau karstique important, le niveau piézométrique varie faiblement. La dynamique de la nappe est, en général, assez rapide. L'élévation du niveau piézométrique est souvent assez synchrone avec les pics d'eau utile. La disponibilité en eau utile⁵ se limite à la période automne-hiver (soit d'octobre à avril). Les nappes sont alors rechargées (élévation du niveau piézométrique) et un ruissellement est observé. De mai à septembre, le débit des rivières (donc l'écoulement de base) est principalement assuré par la vidange des aquifères, si le cours d'eau est drainant (Brouyère et *al*, 2009).

⁵ On entend, ici, par eau utile, la quantité d'eau disponible pour le ruissellement et l'infiltration (lame d'eau exprimée en mm).

V. CADRE HYDROCHIMIQUE

Les analyses chimiques présentées dans les paragraphes suivants ont été réalisées sur des eaux brutes (sauf contre-indication), non encore traitées en vue de leur consommation. Nous ne disposons pas de données suffisantes pour offrir le même degré de détails sur l'hydrochimie 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.

Sur la carte Tavier-Esneux, plusieurs carrières (calcaires, dolomies, grès ou 'psammites du Condroz'...), sablières et argilières ont jadis été exploitées dans le Condroz, ainsi que du minerai de fer (Givetien) à Hayen (Esneux). Actuellement, quelques carrières de granulats (grès ou calcaires) sont encore en activité sur le territoire de la carte (Bellière et Marion, sous presse). 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 chemins directs depuis la surface vers les eaux souterraines sont donc des lieux à surveiller.

Un inventaire de ces données est disponible auprès des autorités régionales (SPW: DGARNE et DGATLPE). Depuis 1998, la DGARNE a mis en place un réseau de contrôle des centres d'enfouissement technique (CET). Ce réseau est géré par l'ISSeP. Des informations sont disponibles via le portail Internet 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 Tavier-Esneux, quatre sites sont répertoriés dans cette base de données (Tableau V.1). Quelques informations sur l'état qualitatif des volets 'Eau-Sol-Déchets' de ces sites sont présentées au chapitre V.5.

Tableau V.1: Liste des sites Walsols – Carte Tavier-Esneux

<u>Nom</u>	<u>Code Walsols</u>	<u>Commune</u>
Carrière de Florzé	Lg6805-001	Sprimont
Les Haïres	Lg2601-002	Esneux
Les Miroules	Lg6805-002	Sprimont
Septroux	Lg0701-001	Aywaille

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

finalisé en décembre 2006. Sur le territoire couvert par la carte, quatre masses d'eau souterraine sont distinguées (figure V.1):

- les calcaires et grès du Condroz – RWM021
- les calcaires et grès de la Calestienne et de la Famenne – RWM023
- les calcaires et grès du bassin de la Vesdre – RWM142
- les schistes houillers (masse d'eau virtuelle) – RWM016

La masse d'eau souterraine des schistes houillers (RWM016) a le statut particulier de masse d'eau virtuelle car elle n'a pas été définie en tant que masse d'eau souterraine au sens de la Directive cadre sur l'eau, pour des raisons tant quantitatives que qualitatives. En effet, cette masse d'eau ne représente pas une ressource en eau souterraine aisément mobilisable et son état chimique présent peut être qualifié 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).

L'état global DCE de ces masses d'eau (2009) est synthétisé dans le tableau V.1. Pour les masses d'eau RWM021 et RWM023, le paramètre 'nitrates' est classé comme 'moyen'. En outre, pour la masse d'eau RWM021, l'altération 'Pesticides' est classée également comme à un niveau 'moyen'. Ainsi ces paramètres sont à surveiller, tout comme les interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines, et l'impact du secteur carrier (DGARNE-DESO et Protectis-Cellule DCE, 2010). Sur le territoire de la carte Tavier-Esneux, 10 points font partie du réseau de surveillance dont 9 concernent la masse d'eau RWM021 (le dernier appartient à la masse d'eau souterraine RWM023). Il s'agit de:

- Lagrange, 49/1/5/001
- F9_Villers-Aux-Tours, 49/1/5/008
- Ellemelle-Copette E1, 49/1/7/001
- Vien-Croquemont, 49/1/8/001
- P14 – Anthisnes, 49/1/8/002
- Résurgence de la Tannerie, 49/2/1/038⁶
- P5_Lincé, 49/2/5/005
- Résurgence du Trou Bleu (Chanxhe), 49/2/5/017⁷
- CPontMartin, 49/2/7/007⁷
- Chambralles G1, 49/2/8/004 – RWM023

⁶ Un réseau de surveillance des émergences karstiques a été mis en place depuis 2006. Ce réseau, actuellement expérimentale, compte 8 émergences de la vallée de l'Ourthe et de la Calestienne. Suivi en continu via des stations automatiques mesures les niveaux (débits) ainsi que quelques paramètres physico-chimiques (température, conductivité, turbidité, fluorescence)(Meus, 2008; SPW-DGO3, 2014)

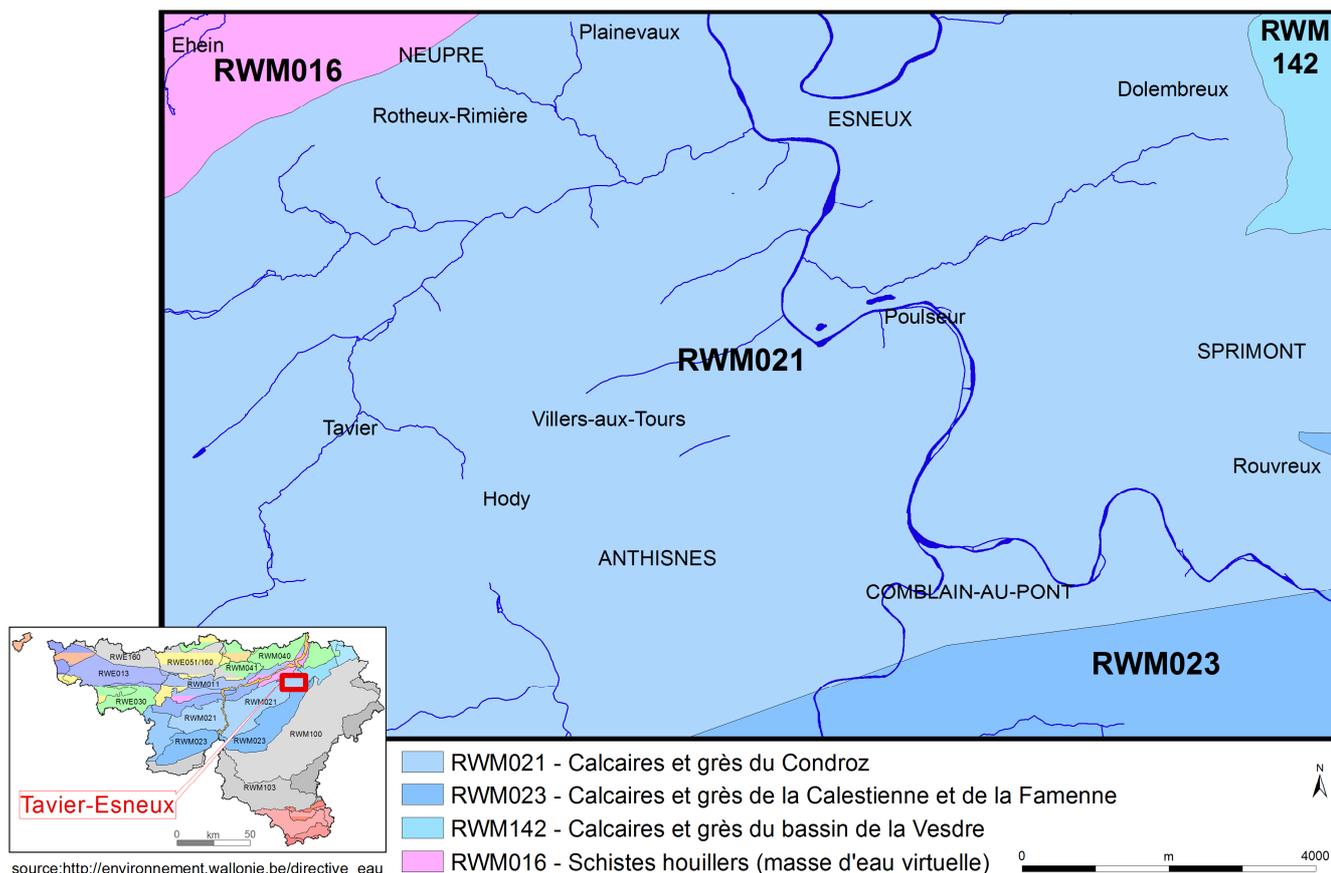


Figure V.1: Masses d'eau souterraine –Tavier-Esneux

Tableau V.2: Etat des masses d'eau souterraines de la carte Tavier-Esneux

MESO	Etat global	Etat chimique	Etat quantitatif	Paramètre déclassant
RWM021	Bon	Bon	Bon	Aucun
RWM023	Bon	Bon	Bon	Aucun
RWM142	Mauvais	Mauvais	Bon	Nitrates
RWM016	-	-	-	-

V.1. CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

Les analyses disponibles pour définir le faciès hydrochimique des eaux logées dans les terrains de la carte Tavier-Esneux sont issues des captages destinés à la distribution publique d'eau potable, des réseaux de surveillance du SPW et de campagnes de terrain réalisées par l'équipe d'Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement de l'ULg. Par manque de données (soit absence de prises d'eau, soit pas d'échantillonnage possible), quelques unités hydrogéologiques de la carte étudiée n'ont pu être caractérisées hydrochimiquement. Afin de compléter les données hydrochimiques issues d'échantillons de prises d'eau localisées sur la carte Tavier-Esneux, 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, 2014). Ces résultats sont à considérer globalement. Ils sont représentatifs d'une masse d'eau souterraine dans son ensemble, et pas forcément de la zone de cette masse d'eau présente sur la carte étudiée.

V.1.1. Aquifère des calcaires du Carbonifère

Les eaux des calcaires carbonifères (unité hydrogéologique de l'Hastarien incluse) de la région de Tavier-Esneux présentent un faciès bicarbonaté calcique, de dureté et de conductivité élevées. L'alcalinité est moyenne à forte. Le pH est basique. Les teneurs en nitrates sont très variables d'un point à l'autre, sans pour autant dépasser la norme de potabilité, fixée à 50 mg/l. On observe des valeurs élevées pour certains éléments pour quelques échantillons. Bien que ces résultats restent inférieurs aux normes en vigueur, ces ouvrages sont à surveiller pour déterminer s'il s'agit d'une contamination accidentelle ponctuelle ou d'une pollution avérée. Les tableaux V.3 et V.4 reprennent quelques analyses d'eau effectuées sur des échantillons d'eau souterraines prélevées dans des ouvrages sollicitant l'aquifère des calcaires carbonifères, sensu stricto, et l'aquifère-aquitard-aquiclude de l'Hastarien.

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

Élément	Unité	Niveau-guide RW	Ferme du Moulin	Machamps	Fond des Fosses	BawePuce	P14 – Anthisnes (SPW)	Calcaires carbonifères du bassin de Dinant (Aq02)
		Code de l'Eau	13/10/2003	13/10/2003	14/10/2003	14/10/2003	16/08/2011	1994-2000
pH		6,5 à 9,5	8,06	8,28	8,24	8,34	7,1	7,4
Conductivité (K20)	µS/cm	2100	534	575,5	601,7	686	648	590
Dureté totale (TH)	°F	67,5	28,6	35,3	33,3	36,6	47,1	33,2
Alcalinité totale (TAC)	°F	-	21,3	30,4	26,9	29,3	40,2	-
Calcium	mg/l	270*	85,73	121,16	106,15	91,32	126	107
Magnésium	mg/l	50*	17,34	12,13	16,39	33,6	38	16,6
Sodium	mg/l	150	8,81	3,95	6,69	13,5	4	11
Potassium	mg/l	12	<0,05	3,32	4,18	4,84	<0,5	2,31
Bicarbonates	mg/l	-	255,14	339,33	307,59	328,34	-	324,1
Strontium	µg/l	750**	-	-	-	-	87	120
Fer total dissous	µg/l	200*	-	-	-	-	<5	17
Manganèse	µg/l	50*	<30	<30	<30	<30	5	3
Sulfates	mg/l	250*	35,65	15,37	32,61	41,42	14	40,9
Chlorures	mg/l	200	19,41	12,78	14,19	26,34	7	32,1
Fluorures	mg/l	1,5*	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,07	0,11
Nitrates	mg/l	50	26,01	24,14	8,87	36,1	20	23,4
Nitrites	mg/l	0,1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	<0,2	<0,01
Ammonium	mg/l	0,5*	0,968	0,031	0,196	0,19	<0,2	0,01
Silice (SiO ₂)	mg/l	-	9,8	7,3	8,5	6,4	6	9,4
* norme de potabilité à défaut de valeur-guide - ** selon la Directive européenne								SPW-DGO3, 2014

Tableau V.4: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère-aquitard-aquiclude de l'Hastarien (Carbonifère)

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Galerie de Moulin - Tavier		PierreuxChamps	PF Voie Hollu
			07/01/2003	12/09/2011	14/10/2003	09/07/2007
		Code de l'Eau	07/01/2003	12/09/2011	14/10/2003	09/07/2007
pH		6,5 à 9,5	7,47	7,23	8,49	7,94
Conductivité (K20)	µS/cm	2100	593	587	480,8	503,4
Dureté totale (TH)	°F	67,5	33,2	34,3	27,6	28,9
Alcalinité totale (TAC)	°F	-	-	27,3	22,7	22,4
Calcium	mg/l	270*	106	107,8	85,02	75,91
Magnésium	mg/l	50*	16,5	18,1	15,59	24,12
Sodium	mg/l	150	7,49	7,2	8,78	17,34
Potassium	mg/l	12	2,16	2,76	1,83	2,63
Bicarbonates	mg/l	-	321	-	245,95	270,45
Strontium	µg/l	750**	136	143	-	-
Fer total dissous	µg/l	200*	<20	<5	-	29
Manganèse	µg/l	50*	-	<0,5	<30	12
Sulfates	mg/l	250*	26,9	30	26,5	63,12
Chlorures	mg/l	200	16,2	17,7	10,96	17,89
Fluorures	mg/l	1,5*	-	0,07	<0,2	<0,1
Nitrates	mg/l	50	29,7	32,6	26,53	18,83
Nitrites	mg/l	0,1	<0,05	<0,05	<0,2	<0,05
Ammonium	mg/l	0,5*	0,05	<0,05	0,091	<0,05
Silice (SiO ₂)	mg/l	-	19,6	5,2	8,8	12,4

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

V.1.2. Aquifère des grès du Famennien

L'aquifère logé dans les grès famenniens du Condroz est caractérisé par une eau faiblement à moyennement minéralisée et un pH basique (Tableaux V.5 & V.6). Les teneurs, parfois importantes, du calcium, du magnésium et des bicarbonates peuvent être dues au ciment carbonaté et/ou dolomitique présent dans les grès. Les teneurs en nitrates, sulfates et chlorures sont parfois non négligeables (pollution anthropique). Les puits P5 Lincé et P3 Dolembreux se caractérisent par des teneurs particulièrement élevées en calcium. Le puits privé Xhos présente une concentration en fer très élevée.

Le tableau V.7 reprend deux analyses des eaux prélevées au drain de Dolembreux (SWDE). D'après sa localisation sur la carte géologique, il est implanté dans l'aquitard du Famennien. La signature géochimique de cette unité hydrogéologique est similaire à celle de l'aquifère des grès du Famennien.

Tableau V.5: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des grès du Famennien (ouvrages SWDE)

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Beauval G1		Lincé P5		Focroule P3 (hors service)	Dolembreux P3	
			18/09/2000	10/12/2014	27/03/2000	10/12/2014	29/02/2000	28/07/1998	06/02/2015 eau chlorée
	Code de l'Eau								
pH		6,5 à 9,5	7,16	7,6	7,41(1/3/99)	7,5	7,78(8/3/98)	7,3	7,2
Conductivité (K20)	µS/cm	2100	397	442	578(1/3/99)	617	377(8/3/98)	579	653
Dureté totale (TH)	°F	67,5	21	25,2	35,3	38,6	19,5	31,1	32,7
Alcalinité totale (TAC)	°F	-	16,7	19,1	28,4	30,6	17,4	-	23,6
Calcium	mg/l	270*	56,5	66,4	87,1	92,5	46,4	94,9	113,6
Magnésium	mg/l	50*	15,6(18/1/99)	20,9	32,9	37,6	19,3	17,9	10,5
Sodium	mg/l	150	6,1	8,3	8,3	8,3	7,7	9	7,4
Potassium	mg/l	12	0,9	1,9	1,7	2,1	1,5	2,8	1,9
Bicarbonates	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-
Strontium	µg/l	750**	96,4	115,4	109,3	144	63,5	-	164,5
Fer total dissous	µg/l	200*	<20	7	<20	6	56	70	8
Manganèse	µg/l	50*	-	1	-	1	-	-	<5
Sulfates	mg/l	250*	31,1	33	50,9	54,4	38,4	46,1	40,7
Chlorures	mg/l	200	9,1	13,9	13,6	15,6	6,7	32,5	27,7
Fluorures	mg/l	1,5*	-	0,07	-	0,08	-	-	0,07
Nitrates	mg/l	50	25,6	25,9	6	15	5,2	23,6	42,3
Nitrites	mg/l	0,1	<0,05	<0,0125	<0,05	<0,0125	<0,05	0,03	<0,03
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,05	<0,0125	<0,05	<0,0125	<0,05	<0,05	<0,0125
Silice (SiO ₂)	mg/l	-	9,3	11,8	33,2	20,1	12,3	12,8	15,8

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

Tableau V.6: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des grès du Famennien

Élément	Unité	Niveau-guide RW	F9_Villers-Aux-Tours (SPW)	Xhos	Corstjens	Pionfosse	Massif schisto-gréseux du bassin de Dinant (Aq11)
	Code de l'Eau		16/09/2014	13/07/2007	22/06/2007	06/07/2007	1994-2000
pH		6,5 à 9,5	7,69	7,6	8,17	7,14	7,3
Conductivité (K20)	µS/cm	2100	485	317	321	386	443
Dureté totale (TH)	°F	67,5	27,7	18,3	18,1	21,7	22,1
Alcalinité totale (TAC)	°F	-	23,9	13,7	12,4	14,8	-
Calcium	mg/l	270*	53	50,59	48,02	53,22	65,7
Magnésium	mg/l	50*	35	13,72	14,73	20,29	11,9
Sodium	mg/l	150	8,4	6,52	5,7	10,11	9,1
Potassium	mg/l	12	1,1	1,5	1,6	2,09	1,82
Bicarbonates	mg/l	-	-	166,25	148,64	180,16	185,1
Strontium	µg/l	750**	108	-	-	-	102
Fer total dissous	µg/l	200*	<5	2140	140	26	71
Manganèse	µg/l	50*	7,8	74	10	10	41
Sulfates	mg/l	250*	45	26,91	49,22	40,60	31,6
Chlorures	mg/l	200	10	11,06	7,81	17,99	23,1
Fluorures	mg/l	1,5*	0,1	<0,2	<0,1	<0,1	0,07
Nitrates	mg/l	50	10	9,67	4,25	19,57	26,5
Nitrites	mg/l	0,1	0,02	<0,2	<0,05	<0,05	0,01
Ammonium	mg/l	0,5*	0,1	<0,1	<0,05	<0,05	0
Silice (SiO ₂)	mg/l	-	18	13,7	12,1	17,8	13,2
* norme de potabilité à défaut de valeur-guide - ** selon la Directive européenne							SPW-DGO3, 2014

Tableau V.7: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquitard du Famennien

Élément	Unité	Niveau-guide RW	Dolembreux D1	
			Code de l'Eau	
			30/03/1999	06/02/2015
pH		6,5 à 9,5	6,85(1/7/97)	7,8
Conductivité (K20)	µS/cm	2100	338(1/7/97)	349
Dureté totale (TH)	°F	67,5	15,4	16,9
Alcalinité totale (TAC)	°F	-	11,3	10,3
Calcium	mg/l	270*	45,5	45,8
Magnésium	mg/l	50*	9,8	13,2
Sodium	mg/l	150	9,1	8,7
Potassium	mg/l	12	2,1	2,1
Bicarbonates	mg/l	-	-	-
Strontium	µg/l	750**	85,2	98,8
Fer total dissous	µg/l	200*	163	5
Manganèse	µg/l	50*	-	5
Sulfates	mg/l	250*	34,9	34,4
Chlorures	mg/l	200	21,4	16,7
Fluorures	mg/l	1,5*	-	0,08
Nitrates	mg/l	50	24,6	25,1
Nitrites	mg/l	0,1	<0,05	<0,03
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,05	<0,0125
Silice (SiO ₂)	mg/l	-	12	13
* norme de potabilité à défaut de valeur-guide - ** selon la Directive européenne				

V.1.3. Aquifère des calcaires du Dévonien

Les eaux logées dans l'aquifère des calcaires du Dévonien présentent un faciès bicarbonaté calcique avec un pH basique et une minéralisation et une dureté moyennes à élevées. Afin de compléter les analyses hydrochimiques des eaux issues de la résurgence de la Tannerie, la caractérisation de l'état hydrochimique de l'aquifère des calcaires dévoniens du bassin de Dinant (Aq12) est présentée dans le tableau V.8, à titre informatif. Les valeurs des paramètres présentés sont issues d'une série de statistiques tirées des résultats des analyses réglementairement transmises pour les prises d'eau potabilisable, sur la période 1994-2000 (SPW-DGO3, 2014).

Tableau V.8: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Dévonien

Élément	Unité	Niveau-guide RW	Résurgence de la Tannerie		Calcaires dévoniens du bassin de Dinant (Aq12)
			30/07/2002	14/11/2007	
		Code de l'Eau			1994-2000
pH		6,5 à 9,5	7,52	8,34	7,3
Conductivité (K20)	µS/cm	2100	529	465	599
Dureté totale (TH)	°F	67,5	-	23	32,6
Alcalinité totale (TAC)	°F	-	-	16,1	-
Calcium	mg/l	270*	84	71,6	112,1
Magnésium	mg/l	50*	14,9	12,6	12,7
Sodium	mg/l	150	8,3	10,5	10
Potassium	mg/l	12	2,3	4,27	1,86
Bicarbonates	mg/l	-	254	191,35	306,8
Strontium	µg/l	750**	-	-	192
Fer total dissous	µg/l	200*	-	17	27
Manganèse	µg/l	50*	-	3	2
Sulfates	mg/l	250*	37	32,3	39,9
Chlorures	mg/l	200	21	19,9	28,3
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	-	<0,1	0,07
Nitrates	mg/l	50	23	32,75	31,1
Nitrites	mg/l	0,1	-	<0,05	0
Ammonium	mg/l	0,5*	-	<0,05	0
Silice (SiO ₂)	mg/l	-	-	8,47	8,6
* norme de potabilité à défaut de valeur-guide - ** selon la Directive européenne					SPW-DGO3, 2014

V.1.4. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Cette unité hydrogéologique affleure peu sur la carte Tavier-Esneux et peu d'ouvrages de prise d'eau y sont recensés et donc peu de données hydrochimiques sont disponibles. Le tableau V.9 reprend l'analyse de l'échantillon d'eau prélevé en octobre 2003 dans le puits du cimetière américain de Neupré. Cette eau présente une minéralisation et une dureté moyennes. Tous les éléments n'avaient pas été analysés à l'époque et notamment le fer.

Tableau V.9: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Cimetière USA (Neupré)
		Code de l'Eau	13/10/2003
pH		6,5 à 9,5	8,16
Conductivité (K20)	µS/cm	2100	402,3
Dureté totale (TH)	°F	67,5	22,3
Alcalinité totale (TAC)	°F	-	19,6
Calcium	mg/l	270*	65,67
Magnésium	mg/l	50*	14,29
Sodium	mg/l	150	9,23
Potassium	mg/l	12	3,11
Bicarbonates	mg/l	-	235,1
Strontium	µg/l	750**	-
Fer total dissous	µg/l	200*	-
Manganèse	µg/l	50*	<30
Sulfates	mg/l	250*	16,1
Chlorures	mg/l	200	17,7
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	<0,2
Nitrates	mg/l	50	2,67
Nitrites	mg/l	0,1	<0,2
Ammonium	mg/l	0,5*	0,082
Silice (SiO ₂)	mg/l	-	9,7

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

V.1.5. Aquifères alluviaux de l'Ourthe et de l'Ambève

Les nappes alluviales de l'Ambève et de l'Ourthe sont localement exploitées par quelques particuliers, principalement dans la région d'Hony (Esneux). Quelques prélèvements d'échantillons ont été faits en octobre 2003. Le résultat des analyses des éléments majeurs est repris dans le tableau V.10. L'eau logée dans les aquifères alluviaux est peu minéralisée (faible conductivité, dureté peu élevée). Localement, l'influence du bed-rock semble plus marquée. Ainsi, la prise d'eau P-Canal présente des teneurs en calcium et bicarbonates plus élevées.

Tableau V.10: Caractéristiques hydrochimiques des aquifères alluviaux de l'Ambève et de l'Ourthe

Élément	Unité	Niveau-guide RW	Ourthe		
			Ambève Camping Martinrive	Camping Les Pommiers	P-Canal
		Code de l'Eau	13/10/2003	13/10/2003	14/10/2003
pH		6,5 à 9,5	7,89	7,94	8,21
Conductivité (K20)	µS/cm	2100	174,1	183,1	264,3
Dureté totale (TH)	°F	67,5	6,6	7,1	12,1
Alcalinité totale (TAC)	°F	-	4,1	4,7	9,4
Calcium	mg/l	270*	18,5	20,2	37,12
Magnésium	mg/l	50*	4,71	4,84	6,82
Sodium	mg/l	150	11,24	11,2	10,78
Potassium	mg/l	12	2,39	2,69	4,45
Bicarbonates	mg/l	-	49,5	56,7	112,5
Strontium	µg/l	750**	-	-	-
Fer total dissous	µg/l	200*	-	-	-
Manganèse	µg/l	50*	<30	<30	<30
Sulfates	mg/l	250*	18,57	18,04	19,56
Chlorures	mg/l	200	16,82	16,65	18,52
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	<0,2	<0,2	<0,2
Nitrates	mg/l	50	8,93	8,88	8,98
Nitrites	mg/l	0,1	<0,2	<0,2	<0,2
Ammonium	mg/l	0,5*	0,181	0,196	0,199
Silice (SiO ₂)	mg/l	-	4,7	4,8	3,9

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

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). Ces zones reprennent la quasi-totalité des captages échantillonnés dont la teneur en nitrate dépasse ou risque de dépasser 50 mg/l. 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" du Programme de Gestion Durable de l'Azote en agriculture (PGDA). Pour plus d'informations, voir www.nitrawal.be, ainsi que le Livre II du Code l'Environnement ([Code de l'Eau](#)).

Le territoire couvert par la carte Tavier-Esneux est partiellement inclus dans une de ces zones vulnérables aux nitrates définies par le gouvernement wallon, zone 'Sud Namurois' (arrêté ministériel du 22 novembre 2012 modifiant celui du 22 décembre 2006).

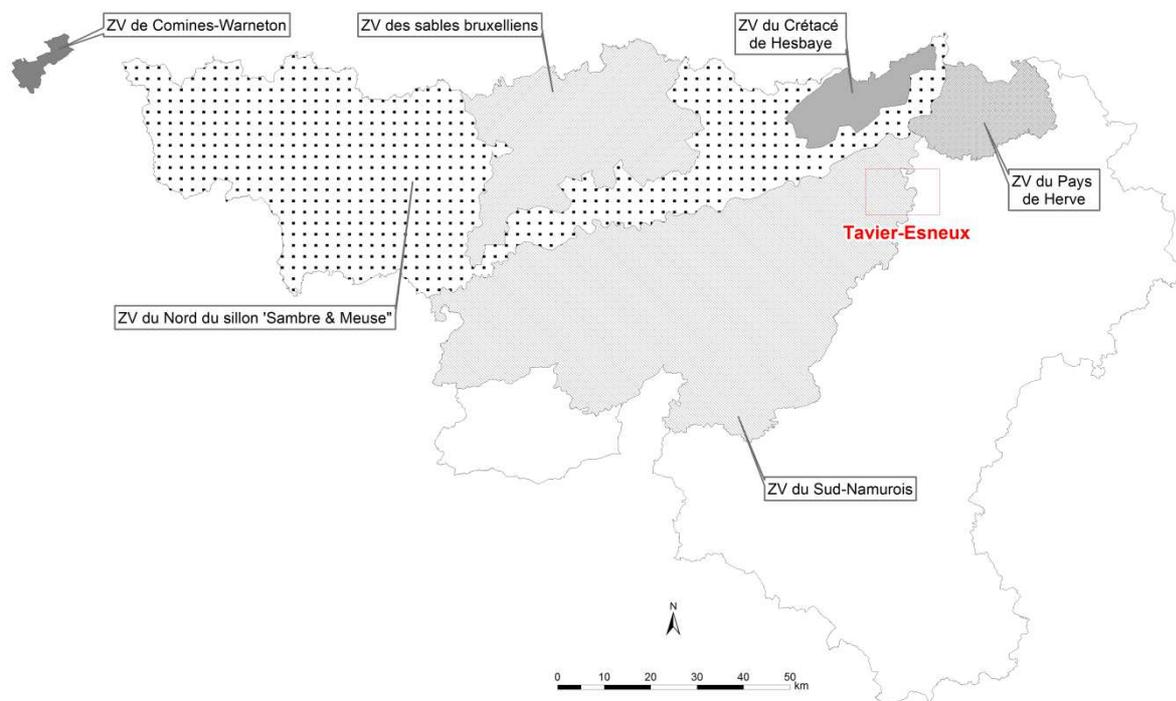


Figure V.2: Zones vulnérables aux nitrates – Tavier-Esneux

Depuis plusieurs années, les compagnies de distribution d'eau et l'administration wallonne surveillent de manière très régulière les concentrations en nitrates de plusieurs captages ou puits de contrôle. La teneur maximale admise en Wallonie est 50 mg NO₃/l. On ne dispose pas de suffisamment de données pour présenter un historique représentatif de l'évolution des concentrations des nitrates dans les eaux souterraines pour l'ensemble des unités hydrogéologiques présentes sur la carte Tavier-Esneux.

D'après les données disponibles, les concentrations en nitrates des eaux souterraines de la carte étudiée ne dépassent pas les normes de potabilité, à quelques rares exceptions près. Les

figures suivantes présentent l'évolution des concentrations en nitrates au cours du temps au droit de quelques ouvrages de prise d'eau publics.

En général, sur la carte Tavier-Esneux, les teneurs en nitrates dans les eaux issues des calcaires carbonifères (Condroz) oscillent entre 20 et 45 mg NO₃/l (Figure V.3). Tant le drain de Vien-Croquemont que la galerie de Moulin-Tavier ne sont plus exploités aujourd'hui à des fins de production et distribution d'eau potable.

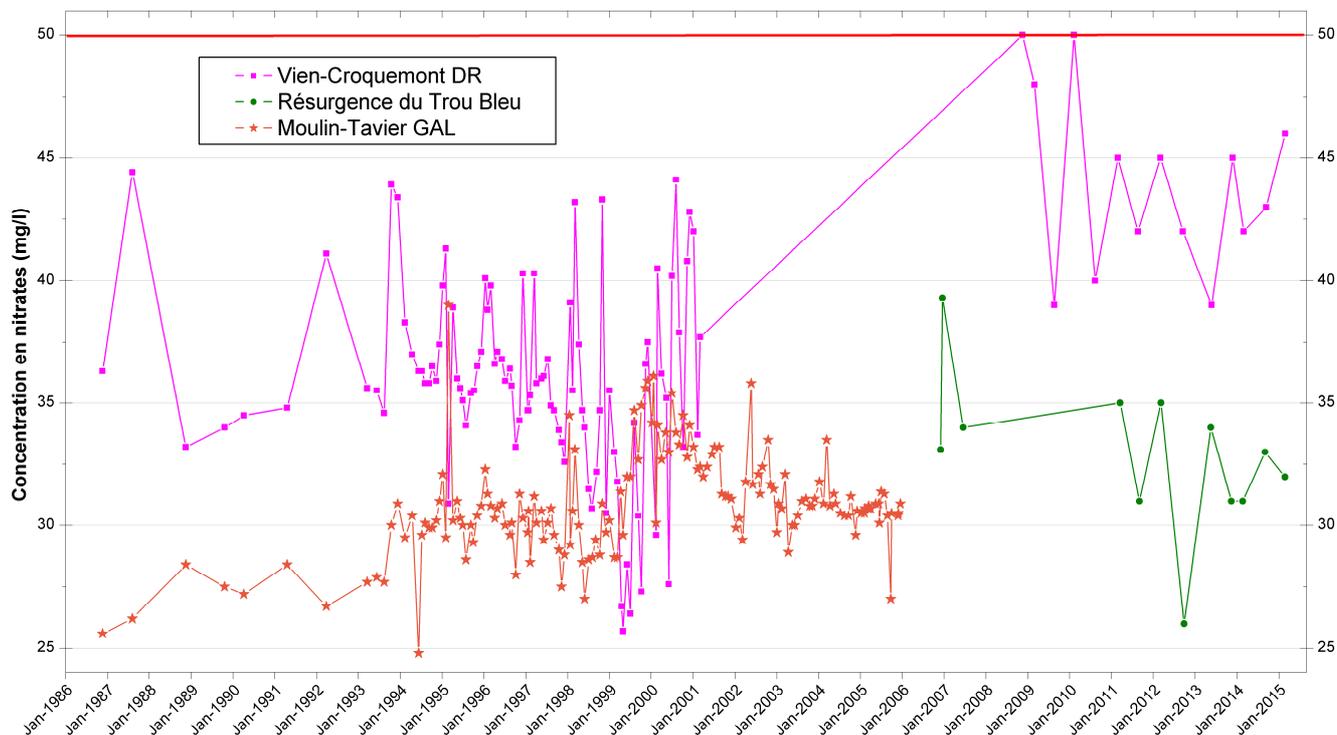


Figure V.3: Evolution des concentrations en nitrates – Aquifère des calcaires du Carbonifère

Deux fois par an, depuis 2008, les eaux de la résurgence de la Tannerie issues des calcaires du Dévonien (Frasnien) sont échantillonnées avec un survey Nitrates. La concentration moyenne mesurée est d'environ 25 mg NO₃/l. Elle varie peu (minimum: 21 mg/l, maximum: 29 mg/l).

Deux groupes se distinguent sur la figure V.4 des concentrations en nitrates mesurées dans les eaux issues de l'aquifère des grès du Famennien. Un premier groupe, composé de puits forés, présente des valeurs en nitrates relativement faibles (concentration moyenne entre 5 et 10 mg NO₃/l, calculée sur la période observée). Le second groupe est formé de prises d'eau gravitaire (sauf P3 Dolembreux). Il présente des teneurs en nitrates oscillant entre de 20 et 65 mg/l (valeurs observées depuis 1987). A part le puits P3 Dolembreux, ces captages drainent majoritairement la nappe logée dans le manteau superficiel (grès altérés). Sur la figure V.5, sont reprises les concentrations en nitrates au cours du temps de deux captages gravitaires sollicitant l'aquitard du Famennien. Les teneurs moyennes sont de l'ordre de 16-20 mg NO₃/l.

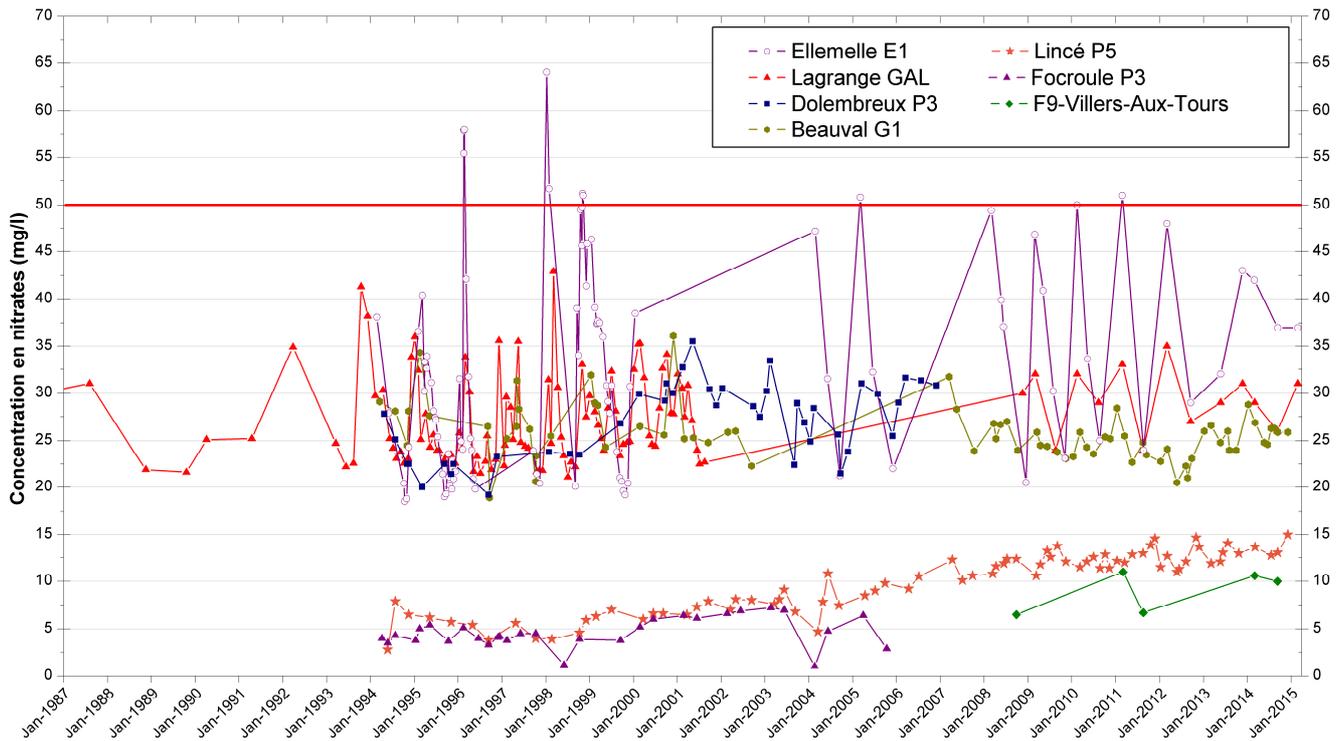


Figure V.4: Evolution des concentrations en nitrates - Aquifère des grès du Famennien

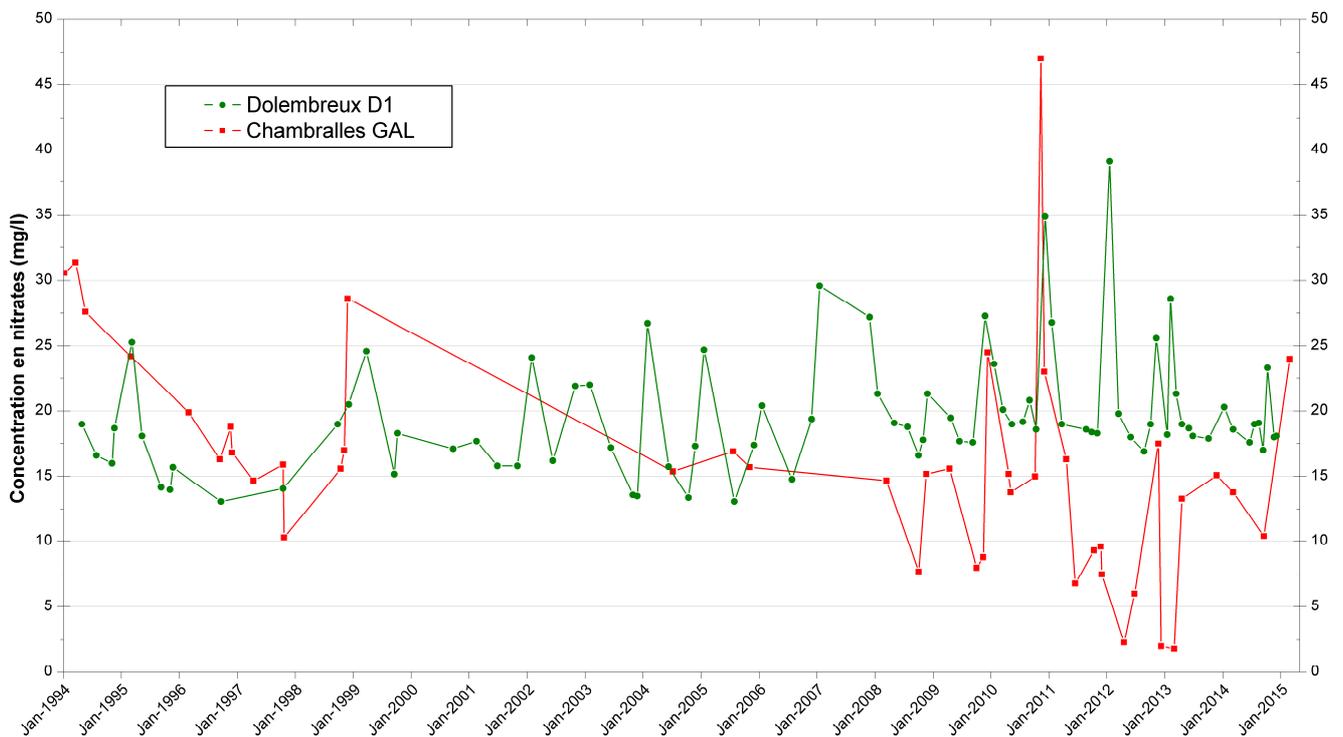


Figure V.5: Evolution des concentrations en nitrates - Aquitard du Famennien

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 pour les unités hydrogéologiques de la carte Tavier-Esneux, il semble que les eaux souterraines ne présentent pas d'anomalies importantes au niveau bactériologique (tableau V.11). Une chloration est opérée avant la distribution de l'eau sur le réseau. Durant les périodes de très fortes précipitations, la turbidité des eaux peut néanmoins augmenter dans certains captages indiquant des écoulements en milieux fortement fissurés (voire karstifiés).

Tableau V.11: Paramètres microbiologiques des eaux souterraines de la carte Tavier-Esneux

Unité hydrogéologique			Aquifère des calcaires du Carbonifère		Aquifère des grès du Famennien			Aquitard du Famennien	
Paramètre	Unité	Niveau-guide	P14 - Anthisnes	Galerie Moulin-Tavier	F9_Villers-Aux-Tours		Lincé P5	Beauval G1	Dolembreux DR
		Code de l'Eau	16/08/2011	12/09/2011	10/03/2014	16/09/2014	10/12/2014	10/12/2014	06/02/15
Germes totaux à 22°C	nbre / ml	-	520	3	-	-	0	8	32
Germes totaux à 37°C	nbre / ml	-	-	-	36	235	0	5	142
Coliformes totaux	nbre / 100 ml	0	8	0	12	27	0	20	0
Coliformes fécaux	nbre / 100 ml	0	-	-	-	-	-	-	-
Escherichia coli	nbre / 100 ml	0	3	0	0	0	0	10	0
Entérocoques fécaux	nbre / 100 ml	0	0	0	2	510	0	0	6
Clostridium perfringens	nbre / 100 ml	0	-	-	-	-	0	0	1

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, 2014; ICEW, 2012).

La figure V.8 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 indices⁷ de qualité révèlent que les aquifères investigués de la région de Tavier-Esneux sont classés en catégorie 'Bonne' pour l'altération 'Pesticides'.

IMPACT DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES SUR LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

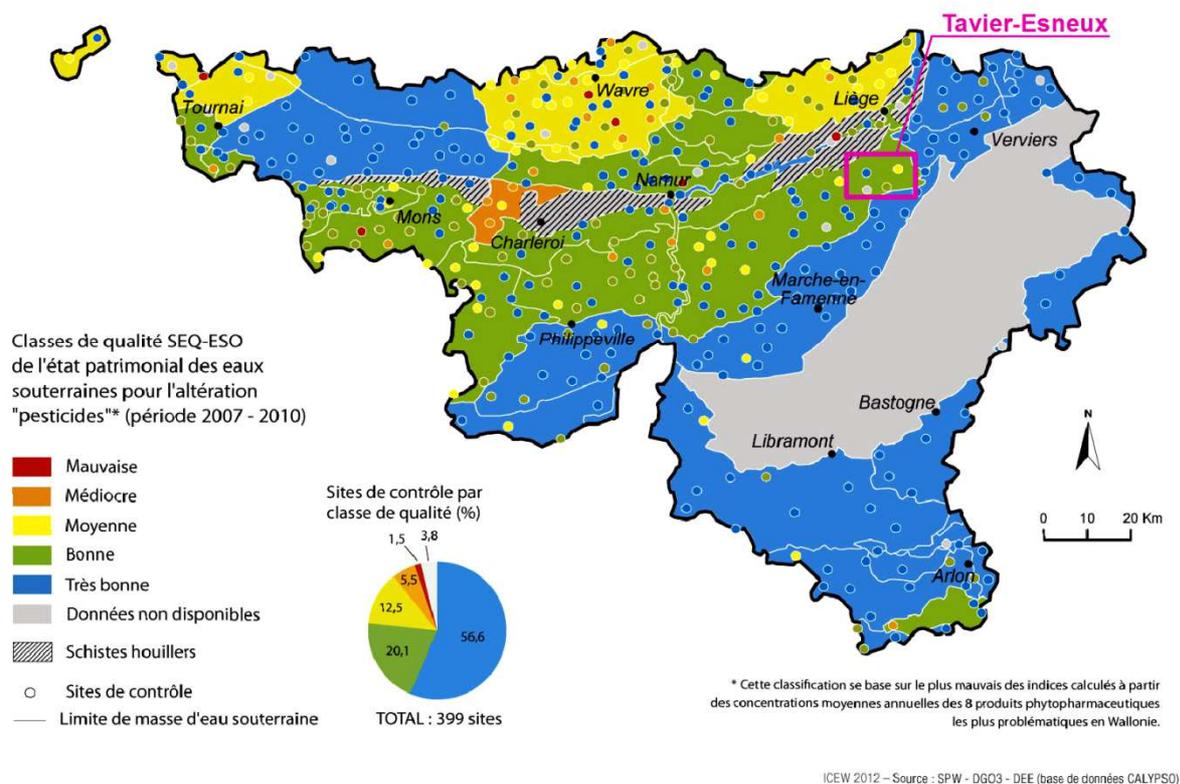


Figure V.6: Pesticides en Région wallonne (ICEW, 2012; carte 19 modifiée)

D'après les données disponibles, à ce jour, aucune contamination marquée des eaux souterraines par les pesticides n'est observée (tableau V.12). A l'instar des analyses microbiologiques, les analyses sur les pesticides concernent généralement les eaux captées par les ouvrages publics et destinées à la distribution. Les concentrations, par produit 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. Des traces d'atrazine et de son produit de dégradation (déséthyl-atrazine), ainsi que de bentazone, de dinoterb, de simazine et de 2,6-dichlorobenzamide (BAM) ont été observées dans les eaux souterraines de la carte Tavier-Esneux. Des nouvelles dispositions réglementaires, en lien avec les produits phytosanitaires, sont entrées en vigueur le 1^{er} juin 2015. La phytolice⁸, nouveau certificat portant sur les connaissances des utilisateurs professionnels de produits

⁷ Indice calculé à partir des concentrations moyennes annuelles en atrazine, déséthylatrazine, simazine, diuron, isoproturon, chlortoluron, bromacile, bentazone et 2,6-dichlorobenzamide (BAM)

⁸ Information disponible sur http://agriculture.wallonie.be/pwrp/programme_resume.pdf & www.phytolice.be

phytopharmaceutiques, sera obligatoire dès novembre 2015. Ces mesures devraient contribuer à moyen et à long terme à la réduction des pesticides dans les eaux souterraines.

Tableau V.12: Principaux pesticides analysés dans les eaux souterraines de la carte Tavier-Esneux

Unité hydrogéologique	Niveau-guide	Aquifère des calcaires du Carbonifère		Aquifère des grès du Famennien			Aquitard du Famennien
		P14 - Anthisnes	Galerie Moulin-Tavier	F9_Villers-Aux-Tours	Lincé P5	Beauval G1	Dolembreux DR
	Code de l'eau	16/08/2011	12/09/2011	16/09/2014	10/12/2014	10/12/2014	06/02/15
Atrazine (ng/l)	100	<10	13	<10	<1	4	1
Déséthyl Atrazine (ng/l)	100	<10	13	<10	2	4	1
Simazine (ng/l)	100	<10	<10	<10	<1	3	<1
Diuron (ng/l)	100	<10	<10	<10	<1	<1	<1
Isoproturon (ng/l)	100	<10	<10	<10	<1	<1	<1
Chlortoluron (ng/l)	100	<10	<10	<10	<1	<1	<1
Bromacil (ng/l)	100	<10	<10	<10	<1	<1	<1
Bentazone (ng/l)	100	<10	<10	<10	6	<1	<1
2,6-dichlorobenzamide (BAM) (ng/l)	200	<10	9	<10	205	17	4
Dinoterb (ng/l)	100	-	-	-	2	<2	2

V.5. SITES 'WALSOLS' (SPAQUE)

Sur le territoire de la carte Tavier-Esneux, se localisent quatre sites 'Walsols', gérés par la SPAQuE (Tableau V.1 ci-dessus & Figure V.7). Des investigations ont été menées sur ces sites. Les résultats concernant le volet 'qualité' sont brièvement décrits ci-dessous. Des informations plus détaillées sont disponibles sur le site Internet Walsols (www.walsols.be).

Les Haïres à Esneux (Lg2601-002)

Cette ancienne carrière de grès est comblée par des déchets. En aval du site, se trouve une autre carrière de grès abandonnée et inondée. En 2002 (étude d'orientation), ses eaux présentaient une contamination en chlorures, en sulfates et en chrome. Aucune trace de ces éléments dans le piézomètre, P3, situé en aval du site, n'avait été détectée. En 2005, suite aux investigations de caractérisation, une surveillance environnementale a été mise en place. Lors de la campagne de juillet 2007, les teneurs en aluminium, en fer, en manganèse élevées ont été observées dans les eaux souterraines. Lors des autres campagnes, la présence significative d'autres polluants a aussi parfois été relevée (cadmium, chrome, mercure, nickel, zinc, huiles minérales, toluène, xylènes). En 2005, des traces d'hydrocarbures apolaires et de quelques éléments-traces métalliques ont été identifiées dans les eaux de la carrière inondée, mais bien en deçà des normes des eaux de surface. Suite à l'analyse de ces résultats, la SPAQuE poursuit une surveillance soutenue de ce site, tout en notant l'absence d'impact majeur de la décharge sur les eaux souterraines à l'aval du site (SPAQuE, 2009; 2010).

Les Miroules à Sprimont (Lg6805-002)

Le site des Miroules est une ancienne décharge de déchets ménagers et verts, encombrants et inertes, exploitée entre 1974 et 1991. Elle repose sur le haut d'une ancienne vallée sèche, entre Pesseux et Fraiture sur la commune de Sprimont. Trois piézomètres ont été forés. Ils sont échantillonnés régulièrement depuis 2003 (étude de caractérisations). Depuis 2005, le site est inscrit dans le programme de surveillance environnementale de la SPAQuE. Dès 2003, l'influence de la décharge sur la qualité des eaux souterraines se marque par la présence, en aval du site, de phtalates, de tétrachloroéthylène (solvant chloré) et d'autres composés organiques. La conductivité électrique et la teneur en potassium sont plus élevées en aval (par rapport à l'amont). D'autres anomalies, à propos des éléments-traces métalliques (ETM), sont aussi relevées. Néanmoins, elles ne peuvent être directement imputées à la décharge puisque des teneurs non négligeables sont déjà observées en amont du site. Les divers contrôles analytiques réalisés dans le cadre de la surveillance environnementale montrent des résultats parfois fort variables. L'analyse de la conductivité électrique et de quelques composés présents dans les eaux souterraines, considérés comme traceurs spécifiques du site, a permis de déterminer l'influence de la décharge sur les eaux souterraines aux abords du site. Ainsi, un impact léger et limité de la décharge sur les piézomètres aval au niveau de la conductivité et du tétrachloroéthylène est relevé. Des teneurs élevées en potassium sont ponctuellement observées dans le piézomètre superficiel amont (nappe du manteau d'altération). La présence de cet élément reste cependant inexpiquée (SPAQuE, 2013; 2014).

Aux Hayettes – Florzé à Sprimont (Lg6805-001)

Le site des Hayettes occupe le vallon du ruisseau de Florzé à Sprimont, affluent de l'Amblève (400 m plus loin). Ce vallon a été progressivement comblé par des déchets calcaires entre 1889 et 1955 créant un plateau artificiel. Ensuite, dès 1971, divers autres dépôts de déchets variés et des activités industrielles en font un chancre. Dès 1992, ce site a été inclus dans le programme de réhabilitation prioritaire par le Gouvernement wallon. La SPAQuE a été mandatée pour cette opération, achevée en novembre 2000. La nature des déchets présents sur le site est variée: déchets industriels (asphaltes, boues, terres saturées en hydrocarbures...), ordures ménagères, cendres de pyrite, scories... Les pollutions recensées sont multiples. Le ruisseau était pollué en éléments-traces métalliques (ETM) (métaux lourds) et en hydrocarbures. Ces polluants se sont retrouvés dans les terrains en aval (confirmation via les forages). En 1992, les teneurs mesurées étaient très importantes tant dans les eaux de surface que dans les eaux souterraines. En 1996, la contamination des eaux souterraines était faible, mais les eaux de surface restaient toujours avec des concentrations élevées. Dès 1992, les déchets les plus dangereux ont été évacués. La seconde phase d'évacuation a eu lieu en 1996, puis encore en 2000. Entre-temps, un drain a été posé, le réseau d'égouttage a été corrigé, le ruisseau a été canalisé près de la zone contaminée. En 2001, un petit bassin de décantation de boues a aussi été réalisé. Pendant la phase de réhabilitation, plusieurs campagnes de prélèvements ont été effectuées. Par la suite, des contrôles annuels ont eu lieu jusqu'en 2005. Depuis, au vu des

résultats obtenus, un suivi espacé a été mis en place par la SPAQuE. L'atteinte aux eaux souterraines est faible et tend à le rester. En octobre 2008, des faibles concentrations en HAP ont été observées mais un dépassement des normes a été constaté pour quelques minéraux (fer, manganèse, potassium) sur certains piézomètres. A cette même époque, les eaux de surface étaient toujours contaminées par des ETM et des HAP en concentration limitée. La qualité des eaux de surface s'est significativement améliorée dès les premières interventions. Une surveillance environnementale reste néanmoins indispensable (SPAQuE, 2008; 2009a).

Septroux à Aywaille (Lg0701-001)

La décharge de Septroux est située au lieu-dit 'Cwimont' à Aywaille. Des déchets ménagers et inertes y ont été déposés entre 1945 et 1986. Après la fermeture du site, des dépôts sauvages ont été constatés. Les investigations menées en 2002 ont indiqué une contamination légère en métaux (Fe, Mn, Pb, HG) et plus importante en huiles minérales du percolat et du lixiviat. Aucune contamination significative des eaux de surface n'a été observée, tant dans l'écoulement superficiel que dans le ruisseau de Longuegne à l'est du site. La réalisation d'un piézomètre n'a pas été jugée nécessaire compte-tenu de la nature du bed-rock, peu perméable. Cependant, il faut noter que le ru de Longuegne disparaît dans un chanoir, environ 600 m au nord du site. Le principal risque de contamination des eaux souterraines provient donc des écoulements superficiels susceptibles de rejoindre le ruisseau. La campagne de contrôle effectuée en 2008 a consisté en un prélèvement d'eau dans une zone d'accumulation observée au pied du talus de la décharge. Elle a identifié des contaminations en métaux, toluène et HAP. La décharge de Septroux a donc un impact sur son environnement et plus particulièrement sur la qualité de ses eaux de surface (bien que les eaux contaminées aient vraisemblablement percolé ou ruisselé sur le massif de déchets). La surveillance environnementale se poursuit (SPAQuE, 2008; 2009b).

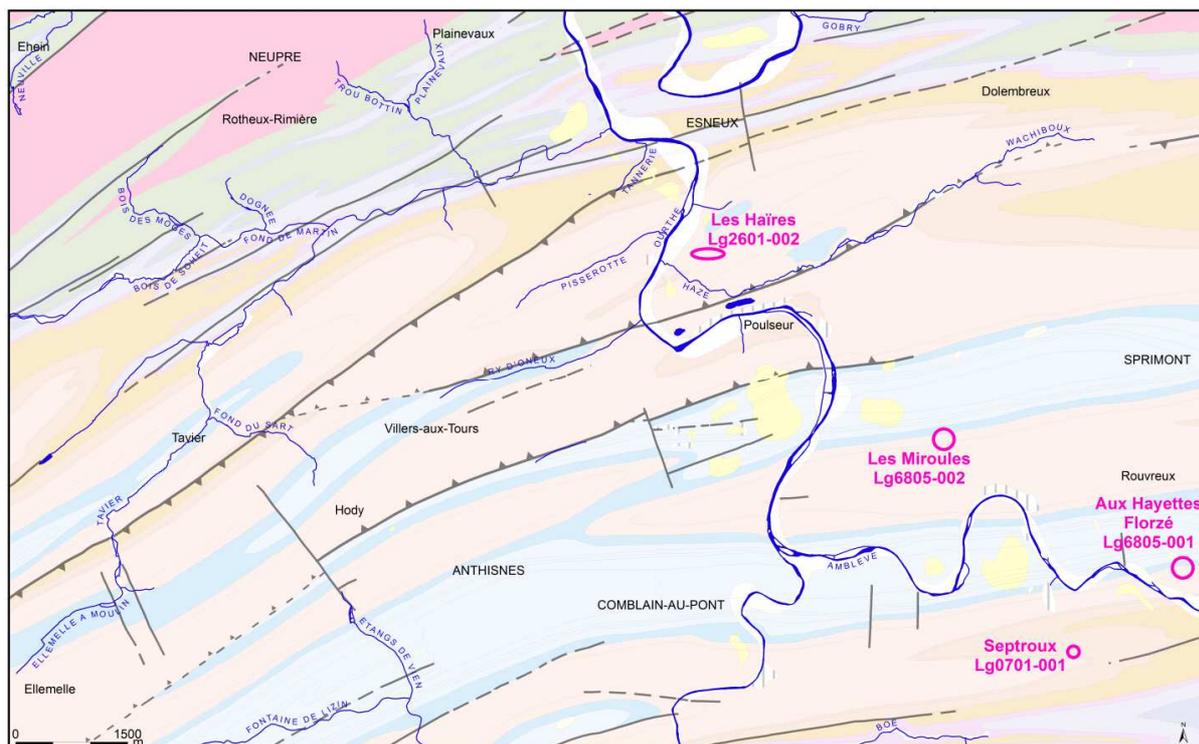


Figure V.7: Localisation des sites 'Walsols' sur fond d'unités hydrogéologiques – Tavier-Esneux

VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES

Bien que constituant à l'échelle régionale une ressource en eau souterraine d'importance majeure, l'aquifère des calcaires du Carbonifère (inclus l'unité hydrogéologique de l'Hastarien) est assez peu exploité au droit de la carte Tavier-Esneux. Les captages publics sollicitent essentiellement la nappe logée dans les grès famenniens. Sur base des déclarations, une quarantaine de captages privés exploitent les différentes unités hydrogéologiques de la carte pour des usages divers (agriculteurs, particuliers, activités de service...).

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

Sur la carte thématique intitulée "Carte des volumes d'eau prélevés", les volumes sont classés selon différentes catégories : les prélèvements d'eau destinés à la distribution publique d'eau potable (pastilles rouges) et les prélèvements à usage privé⁹ (pastilles vertes). Les volumes présentés sont des volumes de l'année 2014 pour les ouvrages de distribution publique d'eau et de 2012 pour les "autres volumes". Sur cette même carte, sont aussi reportés les volumes moyens sur cinq ans, ici 2008-2012. Ils illustrent de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la carte étudiée. Ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni de l'exploitation réelle des nappes. Elles reflètent simplement l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées. Parmi ces dernières, il se peut que certaines d'entre elles soient des années sans prélèvement.

Prélèvements destinés à la distribution publique d'eau potable

Actuellement, le volume moyen prélevé pour la distribution publique est de l'ordre de 175 000 m³ par an. L'essentiel du volume prélevé dans les aquifères de la carte est destiné à la population de la région environnant le captage, qui s'étend généralement à l'intérieur des limites du bassin.

En 2015, sur la carte Tavier-Esneux, la Société Wallonne Des Eaux exploite encore quatre sites de captage (Figure VI.1). Tous sollicitent les eaux logées dans les nappes logées dans le Dévonien supérieur et sont situés sur la commune de Sprimont.

- A Dolembreux, se trouvent le drain D1¹⁰ et le puits forée P3 (Aquifère des grès du Famennien). Le volume moyen prélevé sur les dix dernières années (2005-2014) est, respectivement, de l'ordre de 41 000 m³/an (≈ 110 m³/j) et de 27 000 m³/an (≈ 75 m³/j).

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

¹⁰ Drain D1-SWDE à Dolembreux. D'une longueur d'environ 300 m, ce captage sollicite l'aquifère gréseux et l'aquitard schisto-gréseux du Famennien

- A Lincé, au droit du puits P5, foré dans les grès du Famennien, environ 70 000 m³ d'eau sont pompés par an (moyenne établie sur la période 2005-2014), soit environ 190 m³/j.
- A Beauval, la galerie G1 draine l'aquifère des grès du Famennien à raison de 70 000 m³/an (moyenne établie sur la période 2005-2014), soit environ 190 m³/j.

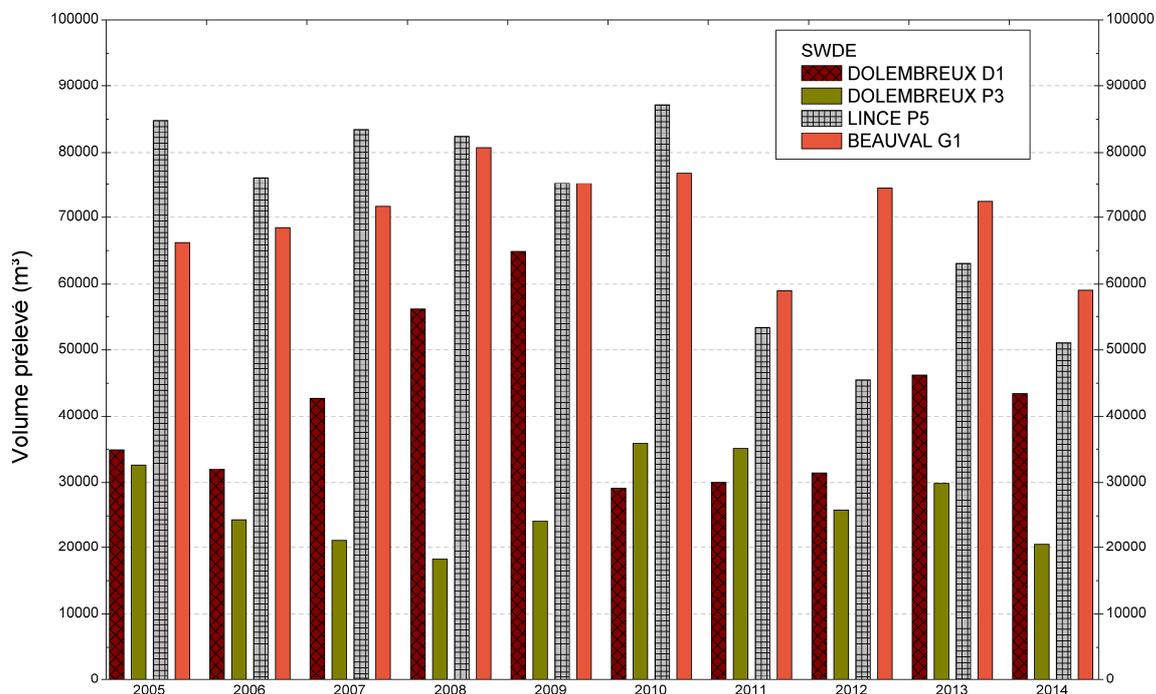


Figure VI.1: Volumes prélevés par la SWDE – Tavier-Esneux

La Compagnie Intercommunale Liégeoise des Eaux exploitait de manière régulière la galerie de Tavier-Moulin jusque 2012 (Figure VI.2). Ce captage, creusé dans le synclinal calcaire de Villers-aux-Tours, prélevait environ 37 000 m³/an (moyenne établie sur période 2005-2011). Il a été définitivement mis hors service en 2014 (communication du producteur).

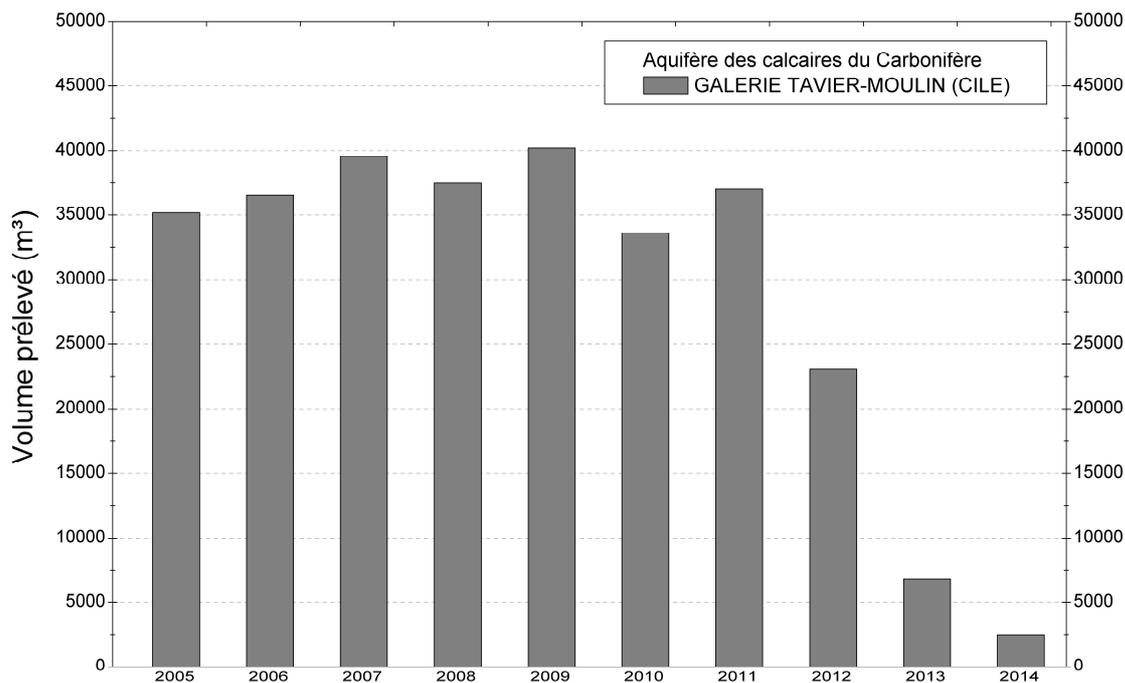


Figure VI.2: Volumes prélevés par la CILE - Tavier-Esneux

La SWDE comme la CILE possèdent d'autres captages localisés sur le territoire de la carte Tavier-Esneux. Ils sont hors-service, en raison de la mauvaise qualité de l'eau (turbidité élevée lors de fortes pluies, pesticides...), de la faible capacité de la prise d'eau (débits non constants dans le temps, faible volume prélevé) ou encore de la vétusté des installations.

Autres prélèvements (industries, agriculteurs, particuliers)

Comparativement aux volumes prélevés pour l'approvisionnement public d'eau potable, les quantités d'eau prélevées par les privés (ou assimilés) sont peu importantes. En moyenne, 50 000 à 60 000 m³ sont prélevés annuellement par l'ensemble des ouvrages privés. Ces captages sollicitent la plupart des unités hydrogéologiques situées sur la carte étudiée.

Les volumes prélevés, à usage privé, sont peu importants. Ils varient entre 10 et 15 000 m³/an, en moyenne (sur base des déclarations faites à l'administration). Ces prélèvements sont destinés à un usage domestique (sanitaires, jardin...), à des fins agricoles (alimentation du bétail, irrigation...), à usage industriel (quelques carrières), pour des activités de service (par exemple: le cimetière américain à Neupré).

.

VII. PARAMETRES D'ÉCOULEMENT ET DE TRANSPORT

L'objectif des tests sur le terrain (essais de pompage, tests d'injection, traçages...) est souvent de définir les caractéristiques hydrauliques de l'aquifère à l'aide de méthodes d'interprétation basées sur des solutions analytiques simplifiées ou sur la calibration de modèles numériques. Les principaux paramètres caractérisant l'écoulement d'eau souterraine et le transport de solutés sont respectivement, la conductivité hydraulique (K), le coefficient d'emmagasinement spécifique (S_s), la porosité effective (ou efficace) de drainage (n_e), la porosité effective de transport et la dispersivité longitudinale.

D'autres paramètres sont souvent cités dans les études consultées et parfois repris dans les notices des cartes:

- la transmissivité (T) exprime le débit d'eau qui s'écoule, pour une largeur unitaire, sur toute l'épaisseur d'un aquifère (de Marsily, 2004). Elle est l'intégration de la conductivité hydraulique (K) sur une épaisseur saturée donnée pour ramener le plus souvent l'écoulement à un processus 2D. Cette épaisseur est habituellement l'épaisseur totale de l'aquifère s'il s'agit d'un aquifère captif, et la hauteur d'eau saturée (très variable) s'il s'agit d'un aquifère libre.
- le coefficient d'emmagasinement est également une grandeur 2D intégrant le coefficient d'emmagasinement spécifique sur l'épaisseur de l'aquifère pour les nappes captives. Pour les nappes libres, le coefficient d'emmagasinement peut être approximé par la porosité effective (ou efficace) de drainage (n_e).

Vu la multitude et la complexité des méthodes et concepts utilisés pour leur définition et leur détermination, la description détaillée de ces notions sort du cadre de cette notice. Nous invitons le lecteur à consulter le site Internet de la carte hydrogéologique de Wallonie (<http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartehydrogeo/concepts.htm>). Les concepts majeurs de l'hydrogéologie y sont abordés de manière simplifiée et quelques références bibliographiques y sont renseignées.

Les valeurs des paramètres peuvent varier suivant les échelles d'investigation. On parlera de valeurs à l'échelle macroscopique pour les essais réalisés sur échantillons en laboratoire, par comparaison aux valeurs à l'échelle mégascopique relatives aux zones investiguées lors d'essais menés sur le terrain. A titre indicatif, les tableaux VII.1 et VII.2 présentent quelques valeurs de conductivité hydraulique selon le type de terrain (roche meuble ou indurée, lithologie, degré de fissuration...).

Tableau VII.1: Valeurs du coefficient de perméabilité en fonction de la granulométrie (Castany, 1998)

K en m/s	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Granulométrie homogène	gravier pur			sable pur		sable très fin			limons		argile		
Granulométrie variée	gravier gros&moy		gravier et sable		sable et limons argileux								

Tableau VII.2: Intervalles de valeurs indicatives pour la conductivité hydraulique de différentes lithologies (échelles macroscopique & mégascopique) (Dassargues, 2010)

Lithologie		K (m/s)
Granites et Gneiss	avec fissures	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-4}$
	sans fissure	$1 \times 10^{-14} - 1 \times 10^{-10}$
Basaltes	avec fissures	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-3}$
	sans fissure	$1 \times 10^{-12} - 1 \times 10^{-9}$
Quartzites	avec fissures	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-4}$
	sans fissure	$1 \times 10^{-12} - 1 \times 10^{-9}$
Shales (argilites)		$1 \times 10^{-13} - 1 \times 10^{-9}$
Schistes (argilites schistosées)		$1 \times 10^{-9} - 1 \times 10^{-5}$
Calcaires	karstifiés	$1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-1}$
	avec fissures	$1 \times 10^{-9} - 1 \times 10^{-3}$
	sans fissure	$1 \times 10^{-12} - 1 \times 10^{-9}$
Grès	avec fissures	$1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-3}$
	sans fissure	$1 \times 10^{-9} - 1 \times 10^{-5}$
Craies		$1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-3}$
Tufs volcaniques		$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-3}$
Graviers		$1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-1}$
Sables		$1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-2}$
Silts, limons		$1 \times 10^{-9} - 1 \times 10^{-4}$
Argiles et limons		$1 \times 10^{-13} - 1 \times 10^{-7}$

Le sous-sol, constitué de terrains meubles ou de roches consolidées, peut aussi être caractérisé par ses porosités. Pour l'écoulement des eaux souterraines, seule la porosité effective (ou efficace) de drainage (n_e), est considérée car sa valeur tient lieu de coefficient d'emménagement en nappe libre. A titre indicatif, le tableau VII.3 reprend quelques intervalles de valeurs de porosité totale et porosité effective de drainage (n_e) en fonction du type de roches. Comme pour la conductivité hydraulique, ce paramètre est dépendant de l'échelle d'investigation (laboratoire – terrain).

Tableau VII.3: Intervalles de valeurs indicatives pour la porosité (n) et la porosité effective de drainage (n_e) de différentes lithologies (échelles macroscopique & mégascopique) (Dassargues, 2010)

Lithologie	n (%)	n_e (%)
Granites et Gneiss	0,02 – 2	0,1 – 2*
Quartzites	0,5 – 2	0 – 2*
Shales (argilites)	0,1 – 7,5	0,1 – 1*
Schistes (argilites schistosées)	0,1 – 7,5	0,1 – 2*
Calcaires et Dolomies primaires	0,5 – 15	0,1 – 14*
Dolomies secondaires	10 – 30	5 – 15*
Craies	0,5 – 45	0,5 – 15*
Grès, Psammites	3 – 38	3 – 25
Tufs volcaniques	30 -40	5 – 15
Graviers	15 – 25	5 – 25
Sables	15 – 35	5 – 25
Silts	30 – 45	5 – 15
Argiles et limons	40 – 70	0,1 – 3

*dépendante de la fissuration

De nombreuses données hydrodynamiques sont généralement collectées lors des études des captages publics ou encore lors d'études hydrogéologiques locales et régionales. Les nappes logées dans les calcaires du Carbonifère de la carte Tavier-Esneux ont été particulièrement étudiées ainsi que l'aquifère des grès du Famennien et l'aquifère des calcaires du Dévonien. Aucune donnée sur les paramètres hydrodynamiques n'est disponible pour les autres unités hydrogéologiques de la carte Tavier-Esneux.

Il est important de rappeler 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.

Les sites de captages ou karstiques ayant fait l'objet d'études hydrogéologiques substantielles sont localisés sur la figure VII.1. Les principaux résultats de toutes ces études sont présentés ci-dessous. Notons que, jadis les traçages, ou plutôt doit-on parler de coloration, effectués à partir de points d'infiltration dans des réseaux karstiques, avaient pour unique objectif de prouver la connexion entre chanoir et résurgence. Bien souvent, ni échantillonnage rigoureux, ni mesures adéquates n'étaient réalisées. Ces tests simples ne sont pas abordés dans ce chapitre, mais dans le chapitre présentant les phénomènes karstiques ([IV.2.5](#)).

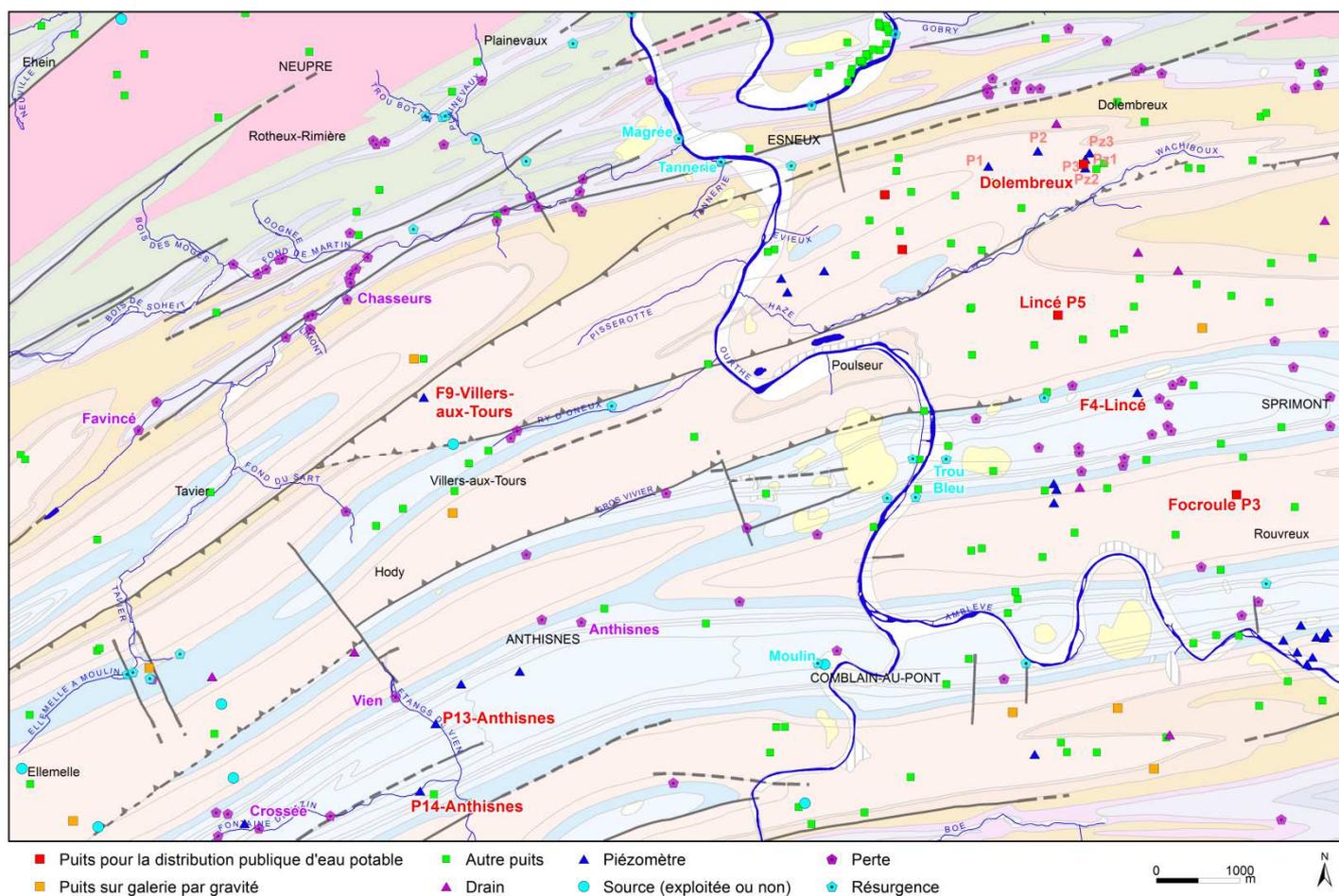


Figure VII.1: Localisation des sites avec des tests de pompages et/ou traçages sur la carte Tavier-Esneux

Aquifère des calcaires du Carbonifère

Plusieurs forages ont été réalisés lors du projet Synclin'Eau (Brouyère et al, 2009), deux sont localisés sur le territoire de la carte Tavier-Esneux: F4-Lincé et F9-Villers-aux-Tours (Figure VII.1). Le piézomètre F4-Lincé, profond de 138 m, recoupe des calcaires dolomitiques, avec un passage sableux (entre 40 et 48 m). Vu le faible débit du piézomètre, un seul palier (Q:0,375 m³:h pendant 2h), avec remontée (2h), y a été effectué. Ce pompage a provoqué un rabattement équivalent à 75 % de la hauteur du puits. Par défaut, l'épaisseur de l'aquifère considérée est de 100 m. Vu ces conditions, l'essai a été interprété selon la méthode d'un slug test. La conductivité hydraulique du puits est de l'ordre de $1,03 \times 10^{-8}$ m/s (méthode 'Hvorslev') et $8,82 \times 10^{-9}$ m/s (méthode 'Bouwer & Rice')(GEOLYS, 2008).

Des essais de pompage ont été menés sur les piézomètres P13 et P14 situés dans les calcaires du synclinal d'Anthisnes (Figure VII.1). Au piézomètre P14, le pompage a comporté 4 paliers (débits entre 1,92 et 2,22 m³/h). La conductivité hydraulique, calculée par la méthode de Dupuit, est de l'ordre de 2×10^{-6} m/s (LGIH, 1989a). La conductivité hydraulique moyenne est $1,25 \times 10^{-8}$ m/s, calculée par essai Lefranc (LGIH, 1989a).

Plusieurs tests de traçage ont été réalisés à partir des pertes de Crossée, Vien et Anthisnes, et depuis le piézomètre P14 (Figure VII.1). Les résultats ont permis de mettre en évidence des connexions souterraines entre ces points d'infiltration préférentielle et la résurgence du Moulin à Comblain-au-Pont. La première campagne de traçages a été réalisée depuis les chantoirs. Sur base des courbes de restitution, observées à la résurgence du Moulin, plusieurs paramètres ont été déterminés (Tableau VII.4).

Tableau VII.4: Caractéristiques des courbes de restitution des traçages de pertes à résurgence dans le bassin d'Anthisnes (Meus, 1993)

Relation	D	Traceur	M	Q	Vmax	Vm	Vapp	Vmoy	R
Crossée/résurgence Comblain 10/12/88	7200	uranine	2370	270	277.0	225.0	153.0	190.0	131.000
Crossée/résurgence Comblain 29/3/89	7200	naphtionate	10000	375	209.0	164.0	124.0	142.0	64.000
Vien/résurgence de Comblain 29/3/89	5000	uranine	2018	375	125.0	89.0	53.3	73.5	69.000
Anthisnes/résurgence de Comblain 29/3/89	3000	rhodamine B	1033	375	105.0	82.0	37.0	63.0	37.000
Crossée/résurgence Comblain 15/8/90	7200	uranine	1008	310	76.0	61.0	54.0	55.0	141.000
Crossée/résurgence Comblain 15/8/90	7200	microsphères	9.1x10E11	310	76.0	61.0	55.0	56.0	15.000

D: distance en m; M: masse injectée en g ou nombre de microsphères; Q: débit approximatif au point de sortie en l/s; Vmax: vitesse maximale en m/h; Vm: vitesse modale en m/h; Vapp: vitesse apparente de transit en m/h; Vmoy: vitesse moyenne de transit en m/h; R: taux de restitution en %

Les taux de restitution supérieurs à 100 % sont dus à la surestimation des débits liés au mauvais fonctionnement du limnigraphe. Les courbes de restitution ayant montré, après le pic principal, un pic secondaire d'amplitude plus faible, l'hypothèse d'une diffuence le long du drain principal est émise. Cette hypothèse a été prise en considération dans l'interprétation. Deux

méthodes ont été utilisées pour interpréter les résultats (Tableau VII.5). Une première est une solution de convection-dispersion simple avec le code CATTI et l'autre repose sur le modèle ADTS (Advection Dispersion with Transient Storage) (Meus, 1993).

Tableau VII.5: Résultats de l'interprétation des traçages entre la perte de Crossée et la résurgence du Moulin (Meus, 1993)

Traçage	Modèle	M (kg)	x ou Z (m)	V_0 (m/s)	h ou S (m et m ²)	u (m/s)	n_{eff} ou ϕ (%)	α_L (m)	K (s ⁻¹)	R (%)
uranine 10/12/88	CATTI 1 drain	2,37	7200	$2,60 \cdot 10^{-2}$	12	$6,19 \cdot 10^{-2}$	42	100	-	70
	CATTI 2 drains	1,7	7200	$2,65 \cdot 10^{-2}$	4	$6,31 \cdot 10^{-2}$	42	100	-	90
		0,7	7200	$1,60 \cdot 10^{-2}$	12	$4,44 \cdot 10^{-2}$	36	75	-	80
	ADTS	3	7200	-	5,4	$5,74 \cdot 10^{-2}$	10	90	$7 \cdot 10^{-7}$	100
naphthionate 29/3/89	CATTI 1 drain	10	7200	$1,82 \cdot 10^{-2}$	19	$4,55 \cdot 10^{-2}$	40	60	-	60
	CATTI 2 drains	7,5	7200	$1,80 \cdot 10^{-2}$	10	$4,5 \cdot 10^{-2}$	40	50	-	85
		2,5	7200	$1,06 \cdot 10^{-2}$	20	$2,79 \cdot 10^{-2}$	38	40	-	100
	ADTS	7,3	7200	-	5,9	$4,41 \cdot 10^{-2}$	15	50	$6 \cdot 10^{-7}$	100
uranine 15/8/90	CATTI 1 drain	1	7200	$6,00 \cdot 10^{-3}$	38	$1,71 \cdot 10^{-2}$	35	21	-	70
	CATTI 2 drains	0,68	7200	$6,00 \cdot 10^{-3}$	20	$1,71 \cdot 10^{-2}$	35	21	-	95
		0,32	7200	$4,02 \cdot 10^{-3}$	20	$1,34 \cdot 10^{-2}$	30	15	-	100
	ADTS	1	7200	-	10,5	$1,71 \cdot 10^{-2}$	50	20	$6 \cdot 10^{-7}$	100

M: masse injectée; x ou Z: distance; V_0 : vitesse de Darcy; h ou S: épaisseur de l'aquifère ou section d'écoulement; u: vitesse effective; n_{eff} ou ϕ : porosité efficace ou fraction d'eau mobile; α_L : dispersivité longitudinale; K: coefficient de transfert de masse entre l'eau mobile et l'eau immobile; R: taux de restitution en %

Une deuxième phase de traçages a été menée depuis la perte de Crossée en direction du piézomètre P14 (60 m de profondeur). Durant 3 jours, un pompage à un débit de 2 m³/h a permis de créer une inversion de gradient suffisante pour attirer le traceur injecté au chanoir et transitant le long du drain karstique. Le rabattement induit dans le forage était supérieur à 10 m. Quelques caractéristiques peuvent être tirées de l'interprétation des courbes de restitution (Tableau VII.6). Cependant, ni le bilan de masse, ni les vitesses apparente et moyenne n'ont pu être calculés. Les masses restituées sont extrêmement faibles vu la vitesse de circulation le long du drain (76 m/h, Crossée-Moulin). Cette vitesse permet en effet au traceur de s'éloigner rapidement de la zone d'appel du pompage. L'irrégularité de la restitution est liée, d'une part à la dispersion du traceur le long du drain, et d'autre part à l'écoulement dans le réseau de fissures entre le drain karstique et le forage (Meus, 1993).

Tableau VII.6: Caractéristiques des courbes de restitution des traçages au forage P14 des traceurs injectés à la perte de Crossée, dans le bassin d'Anthisnes (Meus, 1993)

Relation	D	Traceur	M	Vmax	Vm
Crossée/P14 15/8/90	2390	uranine	1008	50.0	43.0
Crossée/P14 15/8/90	2390	microsphères	9.1×10^{11}	50.0	43.0

Un traçage a aussi été tenté depuis le piézomètre P14 en direction de la résurgence du Moulin, en injectant de l'uranine. Celle-ci n'a été détectée que sous forme de traces après 17 jours, lors

d'une crue. La vitesse apparente calculée (12,25 m/h) indique une vitesse d'écoulement très faible de la nappe à proximité du point d'injection (Meus, 1993).

Actuellement, des investigations sont en cours dans le vallon karstique du Trou Bleu dans le synclinal calcaire de Chanxhe-Sprimont, en rive droite de l'Ourthe. Une série de traçages expérimentaux est en cours depuis la découverte de la cavité du Noû Bleû, par le Collectif du même nom. Des mesures, in situ, de différents paramètres physico-chimiques, de débits, de niveaux d'eau sont également effectuées. A l'heure actuelle où beaucoup de données ont été collectées, une analyse rigoureuse et détaillée doit être entreprise (J.Flament & Ph. Meus, comm.pers., 2015).

Aquifère des calcaires du Dévonien

Dans la partie nord-ouest de la carte Tavier-Esneux, un multitraçage a eu lieu, en février 1994, dans le réseau karstique de la Magrée. Ce système s'est développé dans les calcaires du Frasnien et du Givetien. De l'uranine a été injectée dans la perte de Favincé (Douve de Bagnée) et de la rhodamine B au chantoir des Chasseurs (Figure VII.1). Un échantillonneur a été placé à la résurgence de la Tannerie. En plus de la vérification de la connexion 'perte-résurgence', 'analyse des courbes de restitution a fourni quelques données complémentaires sur ce système karstique (Tableau VII.7). Les traceurs sont également arrivés à la résurgence de la Magrée (Meus, 2005).

Tableau VII.7: Caractéristiques des courbes de restitution des traçages de pertes à résurgence du système karstique de la Magrée (Meus, 2005)

<u>Restitutions à la résurgence de la Tannerie</u>	<u>Perte de Favincé</u>	<u>Chantoir des Chasseurs</u>
Trajet estimé (sinuosité 1,2)	9222 m	5682 m
Vitesse maximale	255 m/h	249 m/h
Vitesse modale	223 m/h	178 m/h
Taux de restitution	70 %	12 %
Dispersivité macroscopique	11 m	440 m
Volume estimé du drain karstique	61000 m ³	-

Au vu de tous ces résultats, généraliser les données hydrodynamiques à l'ensemble des calcaires, du Carbonifère et du Dévonien, de la carte Tavier-Esneux, s'avère délicat, vu la grande hétérogénéité des conditions d'écoulement en milieu karstique.

Aquifère des grès du Famennien

Sur la carte Tavier-Esneux, quelques essais de pompage et de traçage ont été menés dans des ouvrages sollicitant l'aquifère des grès du Famennien. Ils sont essentiellement localisés sur le versant oriental du bassin de l'Ourthe (Figure VII.1). Il s'agit surtout de sites de captage de la SWDE (en activité ou hors service).

A Rouvieux, divers types de tests de pompage ont été effectués sur le captage 'Focroule P3' (LGIH, 1988a; 1989c). Ce forage, d'une profondeur de 63 m, recoupe, après 7 m de terrains de couverture, des grès et schistes altérés (→ 32 m) suivis de grès sains et fracturés, parfois

calcareux et dolomités. Tant avec les essais par paliers que ceux de longues durées (quelques jours à plusieurs semaines), les résultats indiquent qu'en profondeur et à une certaine distance du puits, la roche est moins fissurée, moins perméable. En outre, la vitesse de remontée du niveau piézométrique est lente, caractéristique d'un puits faiblement réalimenté. La conductivité hydraulique, calculée par la méthode de Dupuit, varie entre $2,9 \times 10^{-4}$ et $1,1 \times 10^{-4}$ m/s (K diminue avec augmentation du débit ou de la durée du pompage). Lors de l'essai 'longue durée' (2 mois où Q 300/360 m³/j), la conductivité hydraulique a été estimée à $2,2 \times 10^{-5}$ m/s.

Un essai de pompage par paliers a été effectué sur le puits P5-Lincé. Peu de détails sont disponibles sur le déroulement de ce test. La conductivité hydraulique a été estimée, en considérant un aquifère captif de 15 m d'épaisseur, entre 5 et 12×10^{-6} m/s (données SWDE).

Sur les forages du site de Dolembreux, plusieurs tests ont été réalisés (SWDE, 1988; 2004; Caterina, 2007; Brouyère et al, 2009). L'analyse des courbes de pompage et de remontée a permis de déterminer, par la méthode de Cooper-Jacobs, les transmissivités. Les mesures de diagraphies, réalisées sur les forages P1, P2 et P3, ont permis d'estimer l'épaisseur des terrains productifs, excepté pour Pz3 (e défini par le log géologique). De cette valeur d'épaisseur, la conductivité a été calculée (Tableau VII.8). En considérant la nappe comme libre, il a été possible d'estimer la porosité efficace via le coefficient d'emménagement. D'après les essais de pompage menés, la porosité efficace de l'aquifère des grès du Famennien à Dolembreux est de l'ordre de 3 à 6 %. Ensuite, l'analyse du pompage en Pz3 montre qu'aucune influence sur les niveaux d'eau dans Pz1 et Pz2 n'a été détectée, malgré un débit élevé. De plus, le pompage en P3 n'a pas affecté l'essai sur Pz3.

Tableau VII.8: Valeur des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère des grès du Famennien – Site de Dolembreux (SWDE, 1988; 2004, Caterina 2007)

	P1	P2	P3	Pz3
e (m)	29	14	11,5	50
K moyen (m/s)	10^{-5}	10^{-5} (voire 10^{-4} *)	10^{-4} à 10^{-5}	2×10^{-5}
S	0,059	0,003	-	-

*cette valeur de K est sans doute due à un probable développement du puits entre deux essais

En mai 2007, une campagne de traçage, avec des traceurs salins et fluorescents, a été lancée. De la sulforhodamine et du chlorure de strontium ont été injectés dans le piézomètre Pz1, de la fluorescéine et du chlorure de lithium dans le piézomètre Pz2. Le forage Pz3 a été mis de côté suite aux résultats de l'essai de pompage qui montre que Pz3 est sans doute dans un autre compartiment hydrogéologique. L'échantillonneur automatique a été placé au puits P3. Trois autres points d'échantillonnage ont été ajoutés: une source (au nord-ouest du site) et deux points dans le ruisseau de Haze (au sud). Les résultats de la courbe de restitution des traceurs saurs au P3 sont présentés au Tableau VII.9.

Tableau VII.9: Caractéristiques des courbes de restitution des traçages en Pz1 et Pz2 vers P3 – Site de Dolembreux (Caterina 2007; Brouyère et al, 2009)

	Distance Pz injection – P3	Temps 1 ^{ère} arrivée	Temps pic	Vitesse 1 ^{ère} arrivée	Vitesse pic	Taux de restitution
<u>Sr⁺⁺ (Pz1)</u>	50,5 m	3,5 j	19,8 j	14,43 m/j	2,55 m/j	4,3%
<u>Li⁺ (Pz2)</u>	68,1 m	7,2 j	60,2 j	9,46 m/j	1,13 m/j	0,25%

Ces taux de restitution sont faibles (très faibles). Plusieurs phénomènes peuvent expliquer ces valeurs. Une partie du traceur est restée dans le puits d'injection, malgré la chasse d'eau. Des prélèvements dans les puits ont confirmé cette hypothèse. L'adsorption et la désorption ultérieure peuvent provoquer un comportement irrégulier de la courbe de restitution (ce qui est observé ici). Le traceur peut avoir emprunté divers chemins selon les différences de perméabilité (dispersion cinématique)(Brouyère et al, 2009). Ces résultats ont néanmoins été interprétés. La porosité efficace, n_e , est comprise entre 0,03 et 0,04. La dispersivité longitudinale, a_L , est de l'ordre de 20 m.

L'analyse des résultats des traceurs fluorescents n'ont pas donné de résultats probants. Aucune arrivée de traceur n'a été décelée aux autres points d'échantillonnage.

Un essai de pompage, par paliers enchaînés de 2 h avec remontée (2 h) a été mené sur le piézomètre F9-Villers-aux –Tours, foré lors du projet Synclin'Eau. Les valeurs de conductivité hydraulique sont calculées en considérant une épaisseur d'aquifère de 100 m (Tableau VII.10).

Tableau VII.10: Caractéristiques des essais de pompage - Valeur des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère des grès du Famennien – Forage F9-Villers-aux-Tours (GEOLYS, 2008)

Piézomètre	Profondeur du forage	Date	Débits des paliers (Q_1 - Q_2 - Q_3)	Transmissivité T en rabattement et en remontée	Conductivité hydraulique K
F9-Villers-aux-Tours	60 m	17 sept 2008	1,4-2,7-4,2 m ³ /h	Rab.: 1×10^{-4} à $6,5 \times 10^{-5}$ m ² /s Remontée: $5,2 \times 10^{-5}$ m ² /s	$\approx 10^{-6}$ - 10^{-7} m/s

Dans le cadre de l'étude sur les aquifères gréseux (LGIH, 1989b), plusieurs essais de pompage ont été réalisés sur des puits forés dans cette nappe. Les conductivités hydrauliques obtenues ont des valeurs moyennes de 1 à 3×10^{-5} m/s mais peuvent varier entre $0,25$ et 19×10^{-5} m/s. Les débits d'exploitation varient entre $8,5$ et 28 m³/h.

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 wallonne¹¹ 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.

¹¹ 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. Voir l'Errata à la fin de la notice.

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 2009¹².

La Société publique de Gestion de l'Eau¹³ assure la gestion financière des dossiers concernant la protection des eaux probables distribuées par réseaux, par le biais de contrats de service passés avec les producteurs d'eau. Pour financer les recherches relatives à la délimitation des zones de prévention et indemniser tout particulier ou toute société dont les biens doivent être mis en conformité avec la législation, une redevance est prélevée sur chaque m³ fourni par les sociétés de distribution d'eau.

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

¹² 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)

¹³ 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/).

VIII.2. ZONES DE PREVENTION SUR LA CARTE TAVIER-ESNEUX

A ce jour, sur la carte Tavier-Esneux, aucune autre zone de prévention autour des captages n'est définie. Dès lors, ces zones à définir sont symbolisées sur la carte hydrogéologique par un triangle vide, tracé autour des captages toujours exploités pour la distribution publique d'eau potable. Les prises d'eau pour lesquelles les titulaires ont mentionné un arrêt définitif ne sont pas reprises. Ainsi, quatre ouvrages de prise d'eau sont concernés. Tous appartiennent à la SWDE. Ils sont localisés sur la carte de la figure VIII.1. Quelques renseignements complémentaires sont fournis dans le tableau VIII.1.

Le captage 'Galerie Moulin' à Tavier, appartenant à la CILE, a été mis hors service au cours de l'année 2014 (comm. pers. CILE, 2015).

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.

Il est important de noter que la détermination des zones par la méthode des distances fixes ne tient pas compte de l'existence :

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

Tableau VIII.1: Liste des captages soumis à zones de protection (zones à définir)

Nom	Type	Code RW	X (m)	Y (m)	Titulaire	Unité hydrogéologique
Dolembreux D1	Drain	49/2/2/001	238544	136831	SWDE	Aquifère des grès du Famennien
Dolembreux P3	Puits foré	49/2/2/004	238869	136339		
Lincé P5	Puits foré	49/2/5/005	238561	134518		
Beauval G1	Galerie	49/2/6/002	240289	134363		

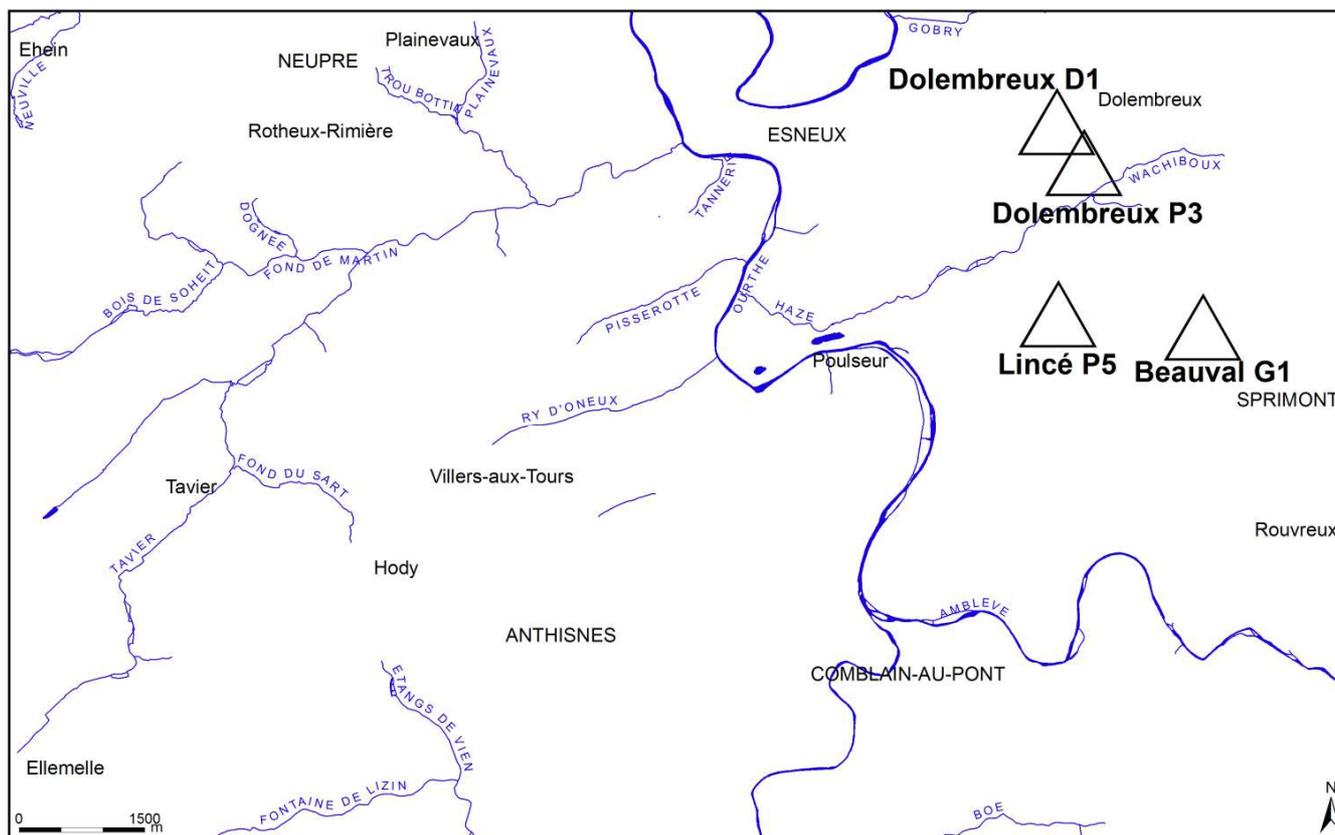


Figure VIII.1: Zones de prévention à définir sur la carte Tavier-Esneux

IX. METHODOLOGIE D'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

Ce chapitre décrit brièvement les données géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques utilisées pour construire la carte hydrogéologique Tavier-Esneux. 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 carte géologique de Wallonie "Tavier-Esneux" est utilisée comme fond de référence pour la construction de la carte hydrogéologique. Cette carte a été dressée par Bellière et Marion (sous presse). Elle a été fournie sous format vectoriel par le Service Public de Wallonie (Cellule 'Géologie'¹⁴).

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 formations géologiques existent entre les différentes générations de cartes. Les quatre cartes voisines de la carte Tavier-Esneux sont toutes basées sur un ancien fond géologique. Il s'agit des cartes du Service Géologique de Belgique dressées soit au 1/25 000 (à l'est, Louveigné-Spa, en 1958), soit au 1/40 000 (au nord, Seraing-Chênée, en 1897; à l'ouest, Huy-Nandrin, en 1898; au sud, Hamoir-Ferrières, en 1902). A terme, ces disparités disparaîtront lorsque la carte géologique de Wallonie sera éditée.

De nombreux phénomènes karstiques sont observés dans les horizons calcaires du Carbonifère et du Dévonien de la carte Tavier-Esneux. Ces données proviennent essentiellement de l'atlas du karst wallon (CWEPS, 1996, 2015). Le Collectif du Noû Bleû (synclinal de Chanxhe-Sprimont) nous a fourni également de précieux renseignements (<https://sites.google.com/site/grottenoubleu/home>).

Plusieurs sites de la région étudiée ont fait l'objet d'investigations géophysiques. Ces zones de prospections géophysiques ont été simplement localisées sur la carte hydrogéologique. Le type de prospection géophysique menée et les références bibliographiques sont mentionnées. Ces investigations ont été réalisées pour l'établissement de prises d'eau, de piézomètres ou 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 déterminer l'emplacement le plus adéquat pour des forages, de définir la nature et

¹⁴ Données provenant de la Carte géologique de Wallonie, Tavier – Esneux (49/1-2), par Bellière J. et Marion J.-M., version provisoire, convention RW-DGRNE/ULg

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 Rouvieux (LGIH, 1972; 1981): sondages électriques et traînés électriques.
- Site de Dolembreux (SWDE, 1983): sondages électriques et traînés électriques.
- Site de Hôyemont-Oneu (Naa, 1977): sondages électriques et traînés électriques.
- Site de Lincé (LGIH, 1988b): sondages électriques et traînés électriques.
- Site de Crossée (LGIH, 1989a): sondages électriques, traînés électriques et profils VLF.
- Site de Vien (vallée de la Rock) (LGIH, 1989a): sondages électriques, traînés électriques, sondage sismique et profils VLF.
- Site de Stépaines-Raideux (Ouhar) (LGIH, 1989a): sondages électriques, traînés électriques, profil microgravimétrique et profils VLF.
- Sites de Gérômont (Comblain-au-Pont) (LGIH, 1990): sondages électriques, sondages sismiques.
- Site de Moulin (Xhos) à Tavier (LGIH, 2001): traînés électriques, tomographies électriques et sondages sismiques.
- Sites de Lincé et de Villers-aux-Tours (Robert et Nguyen, 2007 - Projet Synclin'EAU): tomographie de résistivité électrique et potentiel électrique spontané.

IX.1.2. Données météorologiques et hydrologiques

Sur le territoire de la carte Tavier-Esneux, il n'y a pas de station météorologique permanente répertoriée, ni à l'Institut Royal Météorologique, ni au Service Public de Wallonie. Deux stations limnimétriques sont situées sur le territoire de cette carte. Elles sont gérées par le SETHY (SPW):

- Station de Martinrive, sur l'Amblève (n°6621). Les hauteurs d'eau y sont mesurées depuis octobre 1968.
- Station de Comblain-au-Pont, sur l'Ourthe (n°5904). Les hauteurs d'eau y sont mesurées depuis septembre 1979.

Lors de diverses études hydrologiques et hydrogéologiques, des stations de mesures temporaires ont été placées dans plusieurs sous-bassins-versants de la carte Tavier-Esneux.

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), 214 ouvrages ont été encodés dont 146 puits (puits forés et puits traditionnels), 30 piézomètres, 8 galeries (y compris les puits d'accès) et 8 drains. Sont aussi

encodées des informations concernant 188 sources (exploitées ou non) et 14 forages pour sonde géothermique¹⁵. Ces données proviennent de sociétés de distribution d'eau (CILE et SWDE), de la SPAQuE, d'industriels, de divers rapports techniques, d'agriculteurs et de particuliers ainsi que de la base de données de la Région Wallonne (10-sous), <http://carto1.wallonie.be/10SousInt>. Ces données ont été complétées par la campagne de terrain menée en 2003-2004 (à l'occasion de la première version de la carte) et par diverses études hydrogéologiques réalisées sur le territoire de la carte.

De plus, selon l'atlas du karst wallon, 28 résurgences et 94 pertes sont recensées sur le territoire de la carte Tavier-Esneux. Tous ces éléments karstiques sont repris sur la carte principale du poster.

Lorsqu'il est disponible, le tracé des galeries et des drains figure sur la carte principale au 1/25.000. Sont reprises sur la carte Tavier-Esneux, les galeries Beauval et du Moulin et le drain de Dolembreux. Ces tracés ont été fournis par la CILE et la SWDE.

IX.1.3.2. Données piézométriques

La base de données BD-Hydro, la banque de données '10-sous' ainsi que la base de données PIEZ'EAU comptabilisent un jeu de données piézométriques important. A ce jour, environ 10 000 valeurs de niveaux d'eau sont disponibles pour une septantaine de puits et piézomètres répartis sur le territoire de la carte Tavier-Esneux. Les premières valeurs datent de 1986. Ces ouvrages appartiennent aux sociétés de distribution publique d'eau et à l'administration wallonne. Des relevés réguliers sont réalisés sur plusieurs forages, certains sont équipés de sonde automatique avec télétransmission des données. Il existe moins de mesures au droit des puits privés, généralement difficilement accessibles.

Une campagne de mesures piézométriques a été réalisée, lors de la première version de la carte hydrogéologique par l'équipe de l'Université de Liège, durant l'automne-hiver 2003-2004.

Sur la carte principale et la coupe hydrogéologique du poster, des données piézométriques sont présentées. Dans le [chapitre IV.2](#), sur base des données disponibles, le contexte piézométrique est développé.

IX.1.3.3. Données hydrochimiques et tests sur les puits

La majorité des données hydrochimiques a été fournie par la Direction des Eaux Souterraines (SPW-DESO). Des résultats d'analyses de campagnes de prélèvements ont aussi été fournis par les compagnies d'eau et dans divers rapports d'études hydrogéologiques.

Ainsi, une soixantaine de sites (puits et piézomètres, drains, galeries, sources) sont concernés, comptabilisant environ 20 000 valeurs. Ces analyses caractérisent la plupart des unités hydrogéologiques de la carte Tavier-Esneux. En octobre 2003, une campagne de prélèvements

¹⁵ Il s'agit de forages creusés uniquement pour descendre une sonde géothermique en profondeur. Ils sont ensuite rebouchés (cimentés) et c'est le liquide caloporteur qui circule. Il n'y a donc pas de prise d'eau à proprement-dit.

a été effectuée lors de la première version de la carte hydrogéologique de Tavier-Esneux. Douze puits avaient été visités en fonction de leur localisation et de l'aquifère sollicité. Les 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.

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 de traçage essentiellement) est synthétisé au [chapitre VII](#). Sur la carte thématique des informations complémentaires, les points ayant fait l'objet de tels tests sont mis en évidence par divers symboles. Ils sont peu nombreux. Une quarantaine puits, piézomètres ou pertes où des essais de pompage et/ou essai de traçage ont été effectués, ainsi que quelques diagraphies, sont répertoriés.

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 sont pas toujours présentes.

Plusieurs zones vulnérables aux nitrates ont été définies en Wallonie. La carte Tavier-Esneux est, pour moitié, couverte par la zone dite du Sud Namurois. Le contour de cette zone a été fourni par le SPW. De plus amples renseignements sont repris au [paragraphe V.2](#).

Sur la carte Tavier-Esneux, quatre zones de prévention sont reportées sur la carte principale. A ce jour, la délimitation de ces zones autour des captages est en cours. Ces zones sont décrites au [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 (avec deux échelles verticales);
- 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, sous licence SPW-DGO3;
- le réseau hydrographique;
- les unités hydrogéologiques;
- les failles;
- les piézomètres;
- les puits des sociétés de distribution d'eau ;
- les puits privés exploités et déclarés à la Région wallonne ;
- les sources exploitées ou non;
- les puits d'accès aux galeries et drains;
- les sondes géothermiques;
- les pertes et résurgences connues;
- les stations limnimétriques;
- des valeurs de niveau des autres unités hydrogéologiques, avec la date de la mesure;

- 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 également spécifié. Il s'agit de définir si les nappes sont libres, semi-captives (semi-libres) ou captives (voir [chapitre IV.2.8](#))

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 futurs puits et piézomètres. La carte hydrogéologique n'ayant pas pour objectif de présenter en détails les méthodes employées et les résultats obtenus, une simple liste des sites étudiés est dressée. Pour plus d'informations sur les campagnes de prospection géophysique, le lecteur est invité à consulter les dossiers mentionnés au paragraphe IX.1.1.

IX.3.3. Carte des volumes d'eau prélevés

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

Cette carte, au 50.000^{ème}, reprend également les volumes d'eau prélevés annuellement, informations extraites de la base de données de la Région Wallonne "dix-sous" (DGARNE). Les volumes représentés sont les volumes déclarés par les titulaires au Service Public de Wallonie. Deux catégories de volumes sont répertoriées sur la carte Tavier-Esneux, 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 2012 et 2014.

L'exploitation d'une prise d'eau souterraine est soumise à de nombreux aléas et donc, peut être variable. Les contraintes techniques de l'ouvrage, l'activité économique, liée à ce captage, et l'évolution des conditions hydrogéologiques de la nappe sollicitée, peuvent perturber les capacités de production. La présentation, sur la carte des Volumes, des volumes moyens prélevés, correspond à la moyenne des cinq dernières années (2008-2012) (basés sur les déclarations des 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 Tavier-Esneux, 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 Tavier-Esneux 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 reprise de la coupe CC' de la carte géologique Tavier-Esneux. Cette donnée provient de la Carte géologique de Wallonie, Tavier – Esneux (49/1-2), dressée par Bellière J. et Marion J.-M. (version provisoire, 2015, convention RW-DGRNE/ULg). 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

Bellière J & Marion J-M (sous presse): Carte géologique de Wallonie à l'échelle 1/25.000. Tavier-Esneux n°49/1-2 et sa notice explicative. Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Namur, Belgique. Accepté pour publication: décembre 2013. <http://hdl.handle.net/2268/86538>

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 <http://hdl.handle.net/2268/111200>

Brouyère, S. ; Gesels, J. ; Goderniaux, P. ; Jamin, P. ; Robert, T. ; Thomas, L. ; Dassargues, A. ; Bastien, J. ; Van Wittenberge, F. ; Rorive, A. ; Dossin, F. ; Lacour, J.-L. ; Le Madec, D. ; Nogarède, P. ; Hallet, V. (2009) : Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en œuvre de la Directive Européenne 2000/60 sur les masses d'eau souterraine en Région Wallonne (Projet Synclin'EAU), livrables D.2.22 & D.3.12 – partie RWM021 (caractérisation: synthèse), D3.52 & D4.52 (interactions ESU-ESO), Traçages. Convention RW et SPGE-Aquapole <http://hdl.handle.net/2268/91674> <http://hdl.handle.net/2268/91666> <http://hdl.handle.net/2268/91689> <http://hdl.handle.net/2268/151991>

Bultynck, P. & Dejonghe, L. (2001): Guide to a revised lithostratigraphic scale of Belgium. *In Bultynck & Dejonghe, eds, Geologica Belgica*, Brussels, 4/1-2,168 pp.

Castany, G. (1998): Hydrogéologie, principes et méthodes, *Dunod*, 236 p.

Castiau, E., Neuray, C., Nielsen M., Pons, T., Vanderheyden V., Van Der Kaa C., De Witte C. & Godart M-F., Teller J. (direction scientifique). (2010): 3. Le Plateau condrusien. Collection : Atlas des Paysages de Wallonie, *Service public de Wallonie*, Namur, pp 287 - <http://cpdt.wallonie.be/publications/atlas-des-paysages-de-wallonie/atlas-des-paysages-de-wallonie-3>

Caterina D (2007): Caractérisation hydrogéologique du bassin de la Haze. Travail de fin d'étude. Fac.Sc.Appliquées. Université de Liège <http://hdl.handle.net/2268/76613>

Collectif Noû Bleû (2014a): Le réseau du Noû Bleû à Chanxhe. *Regards*. 79: 82-87.

Collectif Noû Bleû (2014b): Le Noû Bleû/Le Trou Bleu. *Spéléo Magazine*. 87: 18-23.

CNSW (2007): Légende de la Carte Numérique des Sols de Wallonie (CNSW) – version 2 (2007). Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux – Laboratoire de Géopédologie, en relation avec le PCNSW (convention pour le compte de la Région Wallonne – DGA), 54 p. + 2 annexes

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, 2015)

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)*

Dassargues, A. (2010): Hydrogéologie, Notes de cours, Université de Liège, non publié.

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

de Marsily, G. (2004): Cours d'hydrogéologie. Paris, Université Pierre et Marie Curie. 226 p.

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://spw.wallonie.be/dce/fme/RWM021.pdf>

<http://spw.wallonie.be/dce/fme/RWM023.pdf>

<http://spw.wallonie.be/dce/fme/RWM142.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. <http://hdl.handle.net/2268/15161>

Ek C, Willems L, Briffoz A, Boulanger JM (2014): Pour la sauvegarde de la nouvelle grotte de Sprimont: le Noû Bleû. 10p. publié le 20 févr. 2014 à 10:42 par Nou Bleu (<https://sites.google.com/site/grottenoubleu/etudes/pourlasauvegardedunoubleu>)

GEOLYS (2008): Suivi technique et administrative de forage de piézomètres dans le cadre de l'étude dénommé "Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en œuvre de la directive européenne 2006/60 sur les masses d'eau souterraine en Région wallonne" – MRW012 et MRW021 zone est – CSC: SYNCL 3/ ULG. Rapports techniques des forages. D470. Novembre 2008

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. <http://hdl.handle.net/2268/1619>

Hance, L., Dejonghe, L., Ghysel, P., Laloux, M., Mansy, J.L. (1999): Influence of heterogeneous lithostructural layering on orogenic deformation in the Variscan Front Zone (eastern Belgium). *Tectonophysics*, 309, 161-177

Hance L, Poty E, Devuyst FX (2001): Stratigraphie séquentielle du Dinantien type (Belgique) et corrélation avec le nord de la France (Boulonnais, Avesnois). *Bull. Soc. géol. France*. T174, n°4, pp 411-426.

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>

Laloux, M., Dejonghe, L., Ghysel, P. & Hance, L, Mansy, J.L, (1997): Nouveaux concepts tectoniques dans le Synclinorium de Verviers (Est de la Belgique). *Ann. Soc. géol. Nord*, 5 (2^{ème} série): 23-46

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. <http://hdl.handle.net/2268/151393> <http://hdl.handle.net/2268/151397>

LGIH (1972): Rouvrex – Etude hydrogéologique – Prospection géoélectrique. ROU/721

LGIH (1981): Commune de Sprimont – Secteur de Focroule – Etude géoélectrique. SPR/812

LGIH (1988a): Commune de Sprimont – Puits de Focroule – Forage – Essais de pompage. SPR/881

LGIH (1988b): Sprimont-Lincé – Etude hydrogéologique – Prospection géophysique. SPR/883

LGIH (1989a): Etude de l'influence des sources de pollution sur l'exploitabilité du potentiel aquifère du synclinal de Comblain-au-Pont-Anthisnes. Rapport final. LGIH-INIEX-CILE.

LGIH (1989b): Aquifères gréseux. Zone prototype. Rapport final. RW/892

LGIH (1989c): Commune de Sprimont – Secteur de Focroule – Pompage 'Longue durée'. SPR/892

LGIH (1990): Comblain-au-Pont – Prospection géophysique. CILE/901

LGIH (2001): Captage de Moulin – Prospection géophysique et hydrochimique. CILE/2001-04

Meus Ph (1993): Hydrogéologie d'un aquifère karstique du calcaire carbonifère de Belgique (Néblon-Anthisnes). Apport des traçages à la connaissance des milieux fissurés et karstifiés. *Thèse de doctorat, Université de Liège*

Meus Ph (2005): Système karstique de la Magrée. Poster. Comm.pers. Mai 2005

Meus Ph (2008): Eaux souterraines sous la loupe. Mise en place d'un réseau de surveillance des émergences karstiques en Wallonie. *Eco Karst*, 71:6-8

Mottequin B. & Marion J.-M. (sous presse): Carte géologique de Wallonie à 1: 25.000, Huy-Nandrin n°48/3-4. Namur, Service Public de Wallonie, DGARNE, 1 notice explicative. <http://hdl.handle.net/2268/111419>

Naa P. (1977): Etude de l'aquifère famennien au sud-ouest d'Aywaille. Travail de fin d'étude. Fac.Sc.Appliquées. Université de Liège

Nys L (1929): Observations sur l'hydrologie des calcaires dans la région de Sprimont Chanxhe. *Annales de la Société Géologique de Belgique*. 52: 219-220

Pfannkuch, H-O. (1990): Elsevier's Dictionary of Environmental Hydrogeology, *Elsevier*.

Robert, T. & Nguyen, F. (2007): Rapport des prospections géophysiques *in* Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en œuvre de la Directive Européenne 2000/60 sur les masses d'eau souterraine en Région Wallonne – Projet Synclin'EAU). Convention RW et SPGE-Aquapole. <http://hdl.handle.net/2268/24881>

Ruthy I. & Dassargues A. (2004). Carte hydrogéologique de Wallonie, Tavier-Esneux, 49/1-2. 1:25000. Namur, Service Public de Wallonie, Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement, 1 notice explicative de 43 p. + annexes

Schoonbroodt J (1999): Une nouvelle énigme hydrogéologique vient d'être percée dans la province de Liège. Lieu: Plainevaux village (Neupré). *Regards* n°32

SPAQuE (2008;2009a): Aux Hayettes, Florzé à Sprimont, Lg6805-001. Fiche d'information (mise à jour: 21/04/2010): <http://www.walsols.be/pdfs/11636/3214.pdf> - Surveillance environnementale: bilan 2008: <http://www.walsols.be/pdfs/11636/3213.pdf> - Fiche technique: <http://www.walsols.be/pdfs/11636/151.pdf>

SPAQuE (2008;2009b): Septroux à Aywaille, Lg0701-001. Fiche d'information (mise à jour: 18/03/2010): <http://www.walsols.be/pdfs/8182/3197.pdf> - Surveillance environnementale: bilan 2008: <http://www.walsols.be/pdfs/8182/3196.pdf>

SPAQuE (2009;2010): Les Haïres à Esneux, Lg2601-002. Fiche d'information (mise à jour: 09/02/2010): <http://www.walsols.be/pdfs/8186/3548.pdf> - Surveillance environnementale: bilan 2009: <http://www.walsols.be/pdfs/8186/3549.pdf>

SPAQuE (2013;2014): Les Miroules à Sprimont, Lg6805-002. Fiche d'information (mise à jour: 26/08/2014): <http://www.walsols.be/pdfs/8165/4145.pdf> - Surveillance environnementale: bilan 2013: <http://www.walsols.be/pdfs/8165/4146.pdf>

SPW-DGO3 (2014): Etat des nappes d'eau souterraine de Wallonie. Edition : Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique. Dépôt légal D/2014/11802/11 - ISBN 978-2-8056-0142-2 – Mars 2014 – Treizième année - <http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/>

SWDE (1983): Rapport sur la campagne de prospection électrique de Dolembreux. Service Protection des Ressources et Captages. 32 pp + annexes. Juillet-Septembre 1983

SWDE (1988): Exécution de trois puits à Sprimont (anciennement Dolembreux). Service Protection des Ressources et Captages. Rapport technique. 18 pp + annexes

SWDE (2004): Réalisation de trois piézomètres à Sprimont (anciennement Dolembreux). Service Protection des Ressources et Captages. Rapport technique n°173.

SWDE (2009): Synthèse de l'étude géologique et hydrogéologique. Type et nature de l'aquifère alimentant l'ouvrage de prise d'eau de Sprimont (Dolembreux P3). Service Protection des Ressources et Captages. Novembre 2009

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

Van den Broeck A, Martel E.A, Rahir E. (1910): Les cavernes et les rivières souterraines de Belgique. 2 tomes. 1586 pp. Bruxelles: Edité Chez Les Auteurs

Wauters Cl. (2012): Etude des eaux souterraines du bassin hydrologique de Sprimont. Travail de fin d'études présenté en vue de l'obtention du grade de Bachelier en agronomie finalité environnement. La Reid. 74 pp

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

- **AIEC:** Association Intercommunale des Eaux du Condroz
Rue des Scyoux, 20 à 5361 SCY
<http://www.eauxducondroz.be/>
- **CIESAC:** Compagnie Intercommunale des Eaux de la Source de Les Avins ~ CLAVIER
Rue de la Source, 10 à 4560 CLAVIER
<http://www.ciesac.be/>
- **EWTS** sprl: European Water Tracing Services – rue de la Chapelle 43 à 4500 Nandrin
- **HGE-GEO³** : Hydrogéologie & Géologie de l'Environnement- GEO³ - ArGEnCo – ULg
Bâtiment B52, niveau –1, Sart-Tilman à 4000 LIEGE
<http://www.argenco.ulg.ac.be/geo3>
- **IRM:** Institut Royal Météorologique, Section Climatologie.
Avenue Circulaire, 3 à 1180 BRUXELLES
<http://www.meteo.oma.be/IRM-KMI/>
- **ISSeP:** Institut Scientifique de Service Public
Rue du Chéra, 200 à 4000 LIEGE
<http://www.issep.be>
- **SGB:** Service Géologique de Belgique.
Département VII de l'Institut royal des Sciences Naturelles de Belgique
Rue Jenner, 13 à 1000 BRUXELLES
<http://www.sciencesnaturelles.be/geology>
- **SPAQuE:** Société Publique d'Aide à la Qualité de l'Environnement
Boulevard d'Avroy, 38/6 à 4000 LIEGE
<http://www.spaque.be> <http://www.walsols.be/>
- Service Public de Wallonie (**SPW**)
Depuis le 1^{er} août 2008, le Ministère wallon de l'Équipement et des Transports (MET) et le Ministère de la Région Wallonne (MRW) ont fusionné pour donner naissance au **Service public de Wallonie (SPW)**. 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 (DGRNE)
Département de l'Environnement et de l'Eau
Direction des Eaux souterraines (**DESO**) & Direction des Eaux de Surface

Avenue Prince de Liège, 15 à 5100 Jambes

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

Département de la Ruralité et des Cours d'eau

Direction des Cours d'eau non navigables (**DCENN**)

DGO2: Direction générale opérationnelle de la Mobilité et des Voies hydrauliques – **SETHY**:
Direction des voies hydrauliques (D.G.2) - Division des Études et des Programmes- Direction
des Etudes hydrologiques et des Statistiques + service d'études hydrologiques
(SETHY)(D.212).

Boulevard du Nord, 8 à 5000 NAMUR

Depuis le 1^{er} août 2008, ce service fait partie de la Direction Générale Opérationnelle Mobilité
et Voies Hydrauliques (DGO2), Département des études et de l'appui à la gestion.

Anciennement, ce service faisait partie du Ministère wallon de l'Équipement et des Transport
(MET) devenu SPW.

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

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

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

▪ **SWDE** : Société Wallonne des Eaux

Rue de la Concorde, 41 à 4800 VERVIERS

<http://www.swde.be>

▪ **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

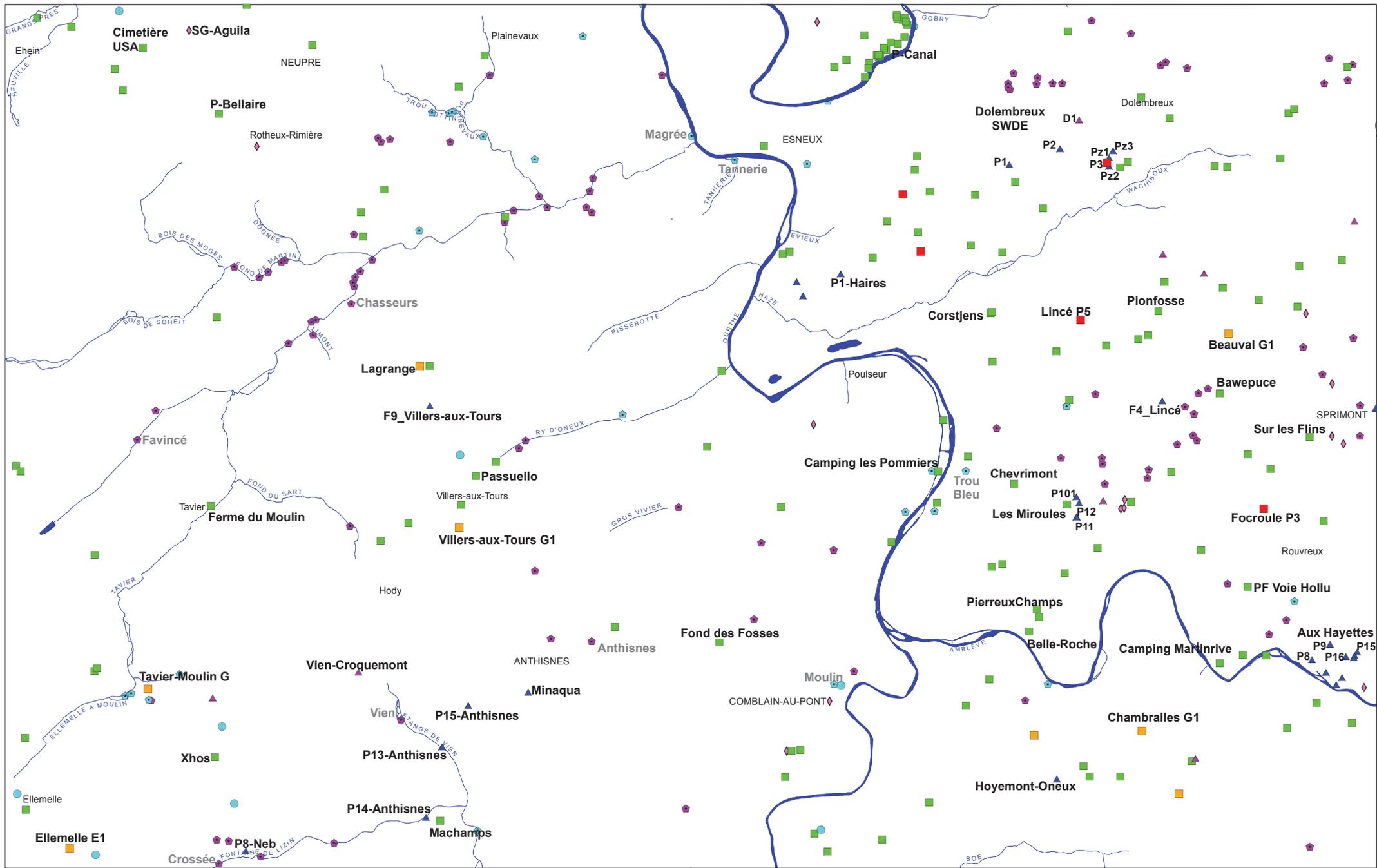
Figure I.1: Localisation de la carte Tavier-Esneux.....	5
Figure II.1: Territoires paysagers – Tavier-Esneux.....	6
Figure II.2: Relief, bassins-versants, rivières – Tavier-Esneux	7
Figure II.3: Carte des types de sol – Tavier-Esneux	9
Figure II.4: Carte de l'occupation du sol –Tavier-Esneux.....	10
Figure III.1: Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2011; modifié)	11
Figure III.2: Zones d'affleurement du Dévonien inférieur et moyen sur la carte Tavier-Esneux.....	13
Figure III.3: Schéma structural du socle de la carte Tavier-Esneux	20
Figure IV.1: Principaux aquifères de Wallonie – Carte de Tavier-Esneux (SPW-DGO3, 2014; modifié).....	21
Figure IV.2: Entités hydrogéologiques de la carte Tavier-Esneux.....	31
Figure IV.3: Bassins ayant fait l'objet d'une étude de bilan hydrologique récente situés sur le territoire de la carte Tavier-Esneux.....	32
Figure IV.4: Synclinal de Villers-aux-Tours - Carte Tavier-Esneux.....	34
Figure IV.5: Synclinal d'Anthisnes – Carte Tavier-Esneux	35
Figure IV.6: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère - Synclinal d'Anthisnes.....	37
Figure IV.7: Mise en relation de la variation piézométrique avec l'eau utile mensuelle calculée pour les piézomètres situés dans le synclinal d'Anthisnes (Brouyère et al, 2009).....	38
Figure IV.8: Synclinal de Chanxhe-Sprimont – Carte Tavier-Esneux.....	39
Figure IV.9: Mise en relation de la variation piézométrique avec l'eau utile mensuelle calculée pour le puits 'Sur les Flin's' situé dans le synclinal de Chanxhe-Sprimont (Brouyère et al, 2009)	41
Figure IV.10: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère au piézomètre F4_Lincé- Synclinal de Chanxhe-Sprimont	41
Figure IV.11: Synclinal de Martinrive – Carte Tavier-Esneux.....	42
Figure IV.12: Mise en relation de la variation piézométrique avec l'eau utile mensuelle calculée pour le puits 'Voie Hollu' situé dans le synclinal de Martinrive (Brouyère et al, 2009).....	43
Figure IV.13: Aquifères des calcaires frasniens et givetiens de la partie nord de la carte Tavier-Esneux.....	44
Figure IV.14: Anticlinal calcaire d'Awan - Carte Tavier-Esneux	46
Figure IV.15: Aquifères des grès du Famennien - Rive gauche de l'Ourthe - Partie ouest de la carte Tavier-Esneux.....	48
Figure IV.16: Fluctuations piézométriques de la nappe des grès du Famennien au piézomètre F9_Villers-aux-Tours – Rive gauche de l'Ourthe – Partie ouest de la carte Tavier-Esneux	49
Figure IV.17: Aquifères des grès du Famennien - Rive droite de l'Ourthe - Partie est de la carte Tavier-Esneux.....	50
Figure IV.18: Site de captage de Dolembreux à Sprimont - SWDE	51
Figure IV.19: Fluctuations piézométriques de la nappe des grès du Famennien dans l'anticlinal de Louveigné - P1 & P2 Dolembreux, SWDE.....	52
Figure IV.20: Mise en relation de la variation piézométrique avec l'eau utile mensuelle calculée pour les piézomètres situés dans l'aquifère des grès du Famennien, rive droite de l'Ourthe, carte Tavier-Esneux (Brouyère et al, 2009)	53
Figure IV.21: Fluctuations piézométriques de la nappe des grès du Famennien au piézomètre Hoyemont-Oneux Rive droite de l'Ourthe – Partie est de la carte Tavier-Esneux.....	54
Figure IV.22: Interactions entre eaux de surface et eaux souterraines - MESO RWM021 sur la carte Tavier-Esneux (d'après Brouyère <i>et al.</i> , 2009)	57
Figure IV.23: Piézométrie calculée (résultats du modèle calibré, à l'échelle régionale, pour l'année 2006, d'après Leroy et al, 2010)	58

Figure IV.24: Phénomènes karstiques recensés dans la région Tavier-Esneux	62
Figure V.1: Masses d'eau souterraine –Tavier-Esneux	68
Figure V.2: Zones vulnérables aux nitrates – Tavier-Esneux	76
Figure V.3: Evolution des concentrations en nitrates – Aquifère des calcaires du Carbonifère	77
Figure V.4: Evolution des concentrations en nitrates - Aquifère des grès du Famennien	78
Figure V.5: Evolution des concentrations en nitrates - Aquitard du Famennien	78
Figure V.6: Pesticides en Région wallonne (ICEW, 2012; carte 19 modifiée).....	80
Figure V.7: Localisation des sites 'Walsols' sur fond d'unités hydrogéologiques – Tavier-Esneux.....	83
Figure VI.1: Volumes prélevés par la SWDE – Tavier-Esneux	85
Figure VI.2: Volumes prélevés par la CILE - Tavier-Esneux	85
Figure VII.1: Localisation des sites avec des tests de pompages et/ou traçages sur la carte Tavier-Esneux	89
Figure VIII.1: Zones de prévention à définir sur la carte Tavier-Esneux	98

Liste des tableaux

Tableau II.1: Répartition de l'occupation du sol –Tavier-Esneux	8
Tableau IV.1: Tableau de correspondance entre la géologie et l'hydrogéologie – Tavier-Esneux.....	29
Tableau IV.2: Entités hydrogéologiques des calcaires du Carbonifère et du Dévonien de la carte Tavier-Esneux, de part et d'autre de l'Ourthe	33
Tableau IV.3: Réseau dit "des émergences" de la DGARNE, situées sur la carte Tavier-Esneux	59
Tableau V.1: Liste des sites Walsols – Carte Tavier-Esneux	66
Tableau V.2: Etat des masses d'eau souterraines de la carte Tavier-Esneux.....	68
Tableau V.3: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère	69
Tableau V.4: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère-aquitard-aquiclude de l'Hastarien (Carbonifère).....	70
Tableau V.5: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des grès du Famennien (ouvrages SWDE).....	71
Tableau V.6: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des grès du Famennien	72
Tableau V.7: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquitard du Famennien	72
Tableau V.8: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Dévonien.....	73
Tableau V.9: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	74
Tableau V.10: Caractéristiques hydrochimiques des aquifères alluviaux de l'Amblève et de l'Ourthe.....	75
Tableau V.11: Paramètres microbiologiques des eaux souterraines de la carte Tavier-Esneux.....	79
Tableau V.12: Principaux pesticides analysés dans les eaux souterraines de la carte Tavier-Esneux	81
Tableau VII.1: Valeurs du coefficient de perméabilité en fonction de la granulométrie (Castany, 1998).....	87
Tableau VII.2: Intervalles de valeurs indicatives pour la conductivité hydraulique de différentes lithologies (échelles macroscopique & mégascopique) (Dassargues, 2010)	88
Tableau VII.3: Intervalles de valeurs indicatives pour la porosité (n) et la porosité effective de drainage (ne) de différentes lithologies (échelles macroscopique & mégascopique) (Dassargues, 2010)	88
Tableau VII.4: Caractéristiques des courbes de restitution des traçages de pertes à résurgence dans le bassin d'Anthisnes (Meus, 1993)	90
Tableau VII.5: Résultats de l'interprétation des traçages entre la perte de Crossée et la résurgence du Moulin (Meus, 1993)	91
Tableau VII.6: Caractéristiques des courbes de restitution des traçages au forage P14 des traceurs injectés à la perte de Crossée, dans le bassin d'Anthisnes (Meus, 1993)	91
Tableau VII.7: Caractéristiques des courbes de restitution des traçages de pertes à résurgence du système karstique de la Magrée (Meus, 2005).....	92
Tableau VII.8: Valeur des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère des grès du Famennien – Site de Dolembreux (SWDE, 1988; 2004, Caterina 2007).....	93
Tableau VII.9: Caractéristiques des courbes de restitution des traçages en Pz1 et Pz2 vers P3 – Site de Dolembreux (Caterina 2007; Brouyère et al, 2009)	94
Tableau VII.10: Caractéristiques des essais de pompage - Valeur des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère des grès du Famennien – Forage F9-Villers-aux-Tours (GEOLYS, 2008).....	94
Tableau VIII.1: Liste des captages soumis à zones de protection (zones à définir)	97

ANNEXE 3: CARTE DE LOCALISATION



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

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

— Réseau hydrographique



ANNEXE 4: COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE

<u>Nom</u>	<u>Code RW</u>	<u>Identifiant RW</u>	<u>X(m)</u>	<u>Y(m)</u>	<u>Type</u>	<u>Prof.(m)</u>
Ferme du Moulin	49/1/4/002	11703	228426	132371	Puits foré	39
Machamps	49/1/8/005	12493	231098	128733	Puits foré	95
Fond des Fosses	49/2/7/004	11534	234351	130790	Puits foré	133
Bawepuce	49/2/6/038	11626	240185	133670	Puits foré	130
Galerie Moulin-Tavier	49/1/7/003	1751	227691	130255	Galerie	
Pierreux Champs	49/2/8/006	12324	238053	131171	Puits foré	112
PF Voie Hollu	49/2/9/007	28313	240530	131461	Puits foré	140
Beauval G1	49/2/6/002	5155	240289	134363	Galerie	
Lincé P5	49/2/5/005	7684	238561	134518	Puits foré	55
Focroule P3	49/2/6/001	2975	240698	132340	Puits foré	63
Dolembreux P1	49/2/2/009	32491	237730	136315	Puits foré	70
Dolembreux P2	49/2/2/013	56174	238322	136499	Puits foré	73
Dolembreux P3	49/2/2/004	2094	238869	136339	Puits foré	70
Dolembreux D1	49/2/2/001	3961	238444	136831	Drain	
Dolembreux Pz1	49/2/2/011	45076	238890	136295	Piézomètre	72
Dolembreux Pz2	49/2/2/010	45075	238890	136400	Piézomètre	70
Dolembreux Pz3	49/2/2/012	45077	238940	136475	Piézomètre	70
F9_Villers-aux-Tours (Hestreux)	49/1/5/008	34728	230795	133527	Piézomètre	61
Xhos	49/1/7/007	12297	228472	129461	Puits traditionnel	10
Corstjens	49/2/5/006	20025	237513	134596	Puits foré	128
Pionfosse	49/2/6/037	12415	239471	134620	Puits foré	56
Cimetière USA	49/1/10/001	8553	227633	137667	Puits foré	65
Camping Martinrive	49/2/9/004	4673	240184	130549	Puits	4
Camping les Pommiers	49/2/5/003	3359	236905	132769	Puits	9
P-Canal	49/2/1/011	11163	236268	137664	Puits	8
Vien-Croquemont	49/1/8/001	1374	230145	130447	Drain	
Lagrange	49/1/5/001	6168	230860	133990	Galerie	
Ellemelle E1 (Copette)	49/1/7/001	5771	226779	128412	Galerie	
Chambralles G1	49/2/8/004	717	239275	129770	Galerie	
Minaqua	49/1/9/001	5321	232123	130215	Piézomètre	140
Hoyemont-Oneux	49/2/8/002	4764	238285	129213	Piézomètre	98,6

<u>Nom</u>	<u>Code RW + AKWA*</u>	<u>Identifiant RW</u>	<u>X(m)</u>	<u>Y(m)</u>	<u>Type</u>	<u>Prof.(m)</u>
P8-Neb	49/1/8/004	7846	228832	128380	Piézomètre	61,3
P13-Anthisnes	49/1/8/003	5706	231118	129583	Piézomètre	56,5
P14-Anthisnes	49/1/8/002	3523	230931	128773	Piézomètre	60
P15-Anthisnes	49/1/9/002	7476	231422	130062	Piézomètre	55
F4_Lincé	49/2/6/039	39718	239514	133585	Piézomètre	138
P1-Haires	49/2/1/033	20530	235766	135054	Piézomètre	55
Sur les Flins	49/2/6/005	8823	241234	133167	Puits foré	110
Passuello	49/1/6/003	50601	231515	132717	Puits foré	39
Les Miroules P101			238513	132475	Piézomètre	31
Les Miroules P11a/b			238517	132245	Piézomètre	18,5/40
Les Miroules P12			238545	132405	Piézomètre	40
Chevrimont	49/2/5/007	12022	237789	132627	Puits foré	119
Belle-Roche	49/2/8/007	21716	237962	130915	Puits foré	36
Les Hayettes Florzé P8			241259	130598	Piézomètre	30
Les Hayettes Florzé P9			241468	130770	Piézomètre	59
Les Hayettes Florzé P15			241786	130683	Piézomètre	83
Les Hayettes Florzé P16			241655	130627	Piézomètre	55
P-Bellaire	49/1/1/004	11518	228519	136902	Puits traditionnel	13
SG-Aguila	49/1/1/007	55853	228170	137867	Sonde géothermique	120
Chantoir de Crossée	491-043		228516	128235	Perte	
Chantoir de Vien	491-052		230638	129903	Perte	
Chantoir d'Anthisnes	491-072		232862	130808	Perte	
Chantoir de Favincé	491-017		227565	133133	Perte	
Chantoir des Chasseurs	491-026		230060	134710	Perte	
Résurgence du Moulin	49/2/7/007 491-124	34279	235688	130314	Résurgence	
Résurgence de la Magrée	492-035		234028	136652	Résurgence	
Résurgence de la Tannerie	49/2/1/038 492-036	21583	234531	136370	Résurgence	
Résurgence du Trou Bleu	49/2/5/017 492-078	34214	237224	132774	Résurgence	

.* AKWA: code de l'Atlas du Karst Wallon (n°carte 1/10 000-n°phénomène karstique)

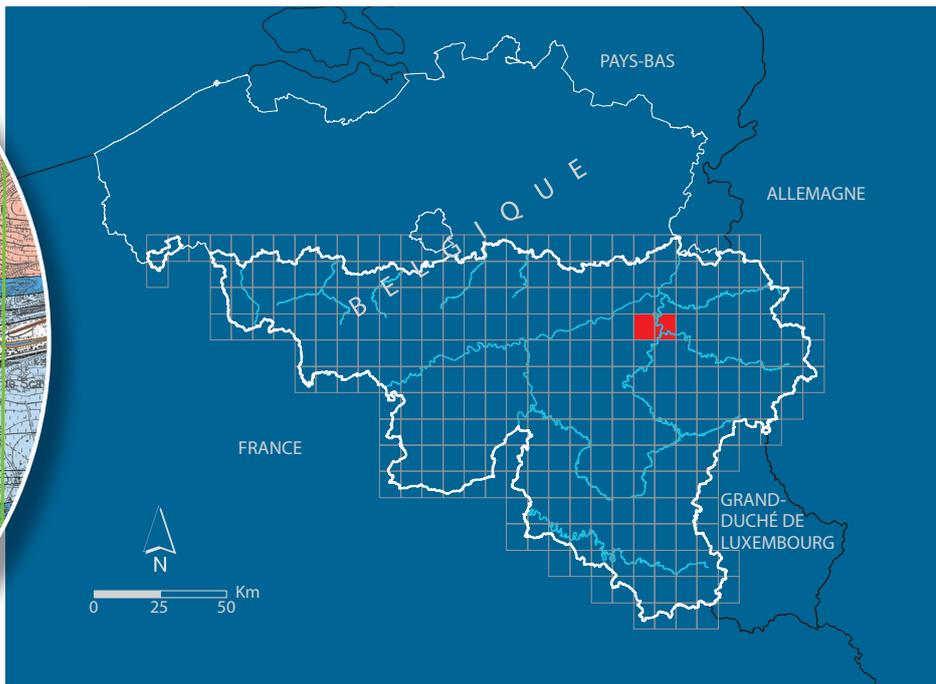
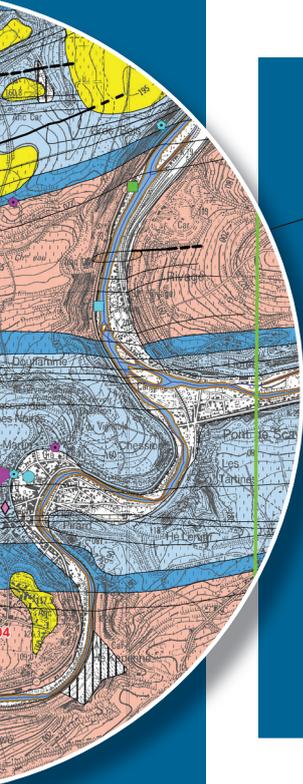
ERRATA

Au lieu de :

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.

Lire :

La zone de prévention éloignée (zone IIb) : zone comprise entre le périmètre extérieur de la zone IIa 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'au captage égal à 50 jours dans le sol saturé.



SPW | Éditions, CARTES

Dépôt légal : D/2016/12.796/5 – ISBN : 978-2-8056-0219-1

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

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