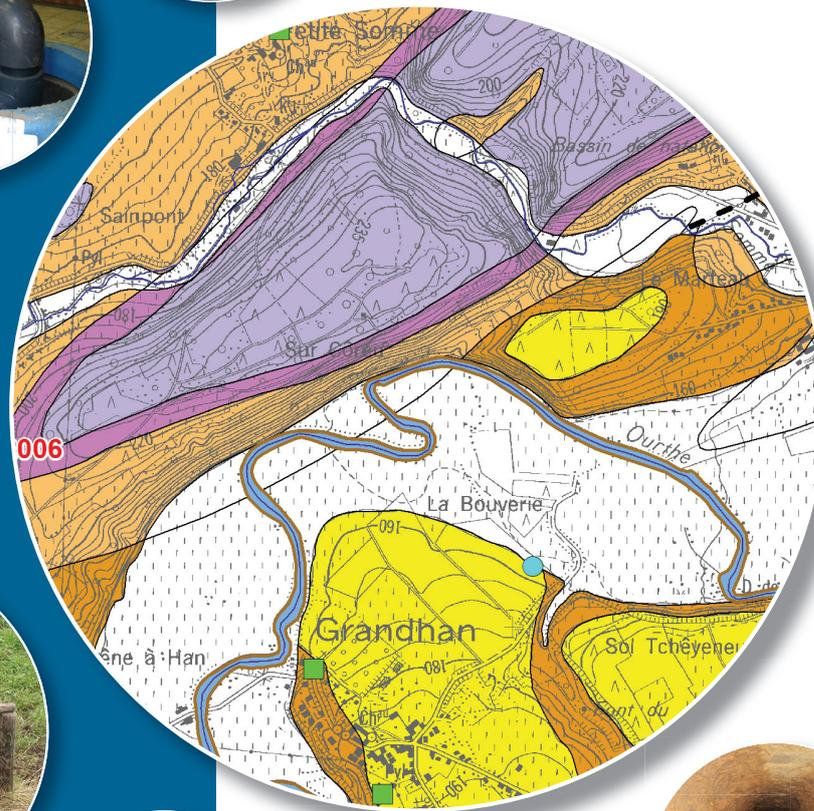


Notice explicative

**CARTE HYDROGÉOLOGIQUE
DE WALLONIE**

Echelle : 1/25 000



Photos couverture © SPW-DGARNE(DGO3)

Fontaine de l'ours à Andenne

Forage exploité

Argillère de Celles à Houyet

Puits et sonde de mesure de niveau piézométrique

Emergence (source)

Essai de traçage au Chantoir de Rostenne à Dinant

Galerie de Hesbaye

Extrait de la carte hydrogéologique de Maffe – Grandhan



MAFFE – GRANDHAN

54/3-4

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

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



NOTICE EXPLICATIVE

2015

Première édition : Juillet 2006
Actualisation partielle : Février 2015

Dépôt légal – **D/2015/12.796/10** - ISBN : **978-2-8056-0186-6**

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

**DIRECTION GENERALE OPERATIONNELLE DE L'AGRICULTURE,
DES RESSOURCES NATURELLES
ET DE L'ENVIRONNEMENT
(DGARNE-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	11
III.2.1. Cadre litho-stratigraphique.....	12
III.2.1.1. Formations du Paléozoïque	12
III.2.1.2. Formations du Cénozoïque.....	16
III.2.2. Cadre structural	17
IV. Cadre hydrogéologique	18
IV.1. Description des unités hydrogéologiques	20
IV.1.1. Unités hydrogéologiques du Dévonien.....	20
IV.1.1.1. Aquifères des calcaires du Givetien et du Frasnien.....	20
IV.1.1.2. Aquitards du Frasnien et du Famennien	21
IV.1.1.3. Aquicludes du Frasnien et du Famennien	21
IV.1.1.4. Aquifère des grès du Famennien.....	22
IV.1.2. Unités hydrogéologiques du Carbonifère	22
IV.1.2.1. Aquifère des calcaires d'Hastière	22
IV.1.2.2. Aquiclude des schistes du Carbonifère.....	23
IV.1.2.3. Aquitard du Carbonifère.....	23
IV.1.2.4. Aquifère des calcaires du Carbonifère	23
IV.1.3. Unités hydrogéologiques du Cénozoïque	23
IV.1.3.1. Aquifère des sables de remplissage	23
IV.1.3.2. Aquifère des terrasses fluviatiles	24
IV.1.3.3. Aquitard limoneux (non cartographié).....	24
IV.1.3.4. Aquifère alluvial.....	24
IV.1.3.5. Nappe des remblais.....	24
IV.2. Description de l'hydrogéologie de la carte	26
IV.2.1. Le Condroz	27
IV.2.2. La transition Condroz-Famenne.....	38
IV.2.3. La bande discontinue Philippeville-Durbuy	41
IV.2.4. La dépression de la Famenne	42
IV.2.5. Coupes hydrogéologiques	45
IV.2.6. Caractère des nappes	46
IV.2.7. Piézométrie de la carte Maffe-Grandhan	46
V. Cadre hydrochimique	48
V.1. Caractéristiques hydrochimiques des eaux	49
V.1.1. Le Condroz	50
V.1.2. La transition Condroz-Famenne.....	52
V.1.3. La bande Philippeville-Durbuy	53
V.1.4. La dépression de la Famenne	54
V.2. Problématique des nitrates.....	54
V.3. Qualité bactériologique	58
V.4. Pesticides	58
VI. Exploitation des aquifères	60

VII. Paramètres d'écoulement et de transport.....	63
VIII. Zones de protection.....	71
VIII.1. Cadre légal	71
VIII.2. Zones de prévention des captages de l'AIEC	73
VIII.3. Zones de prévention des captages de la SWDE	73
IX. Méthodologie d'élaboration de la carte hydrogéologique.....	76
IX.1. Origine des informations.....	76
IX.1.1. Données géologiques et connexes.....	76
IX.1.2. Données météorologiques et hydrologiques.....	77
IX.1.3. Données hydrogéologiques	77
IX.1.3.1. Localisation des ouvrages.....	77
IX.1.3.2. Données piézométriques.....	78
IX.1.3.3. Données hydrochimiques et tests sur les puits	78
IX.1.4. Autres données	79
IX.2. Base de données hydrogéologiques.....	79
IX.3. Poster de la carte hydrogéologique	80
IX.3.1. Carte hydrogéologique principale.....	80
IX.3.2. Carte des informations complémentaires et du caractère des nappes.....	81
IX.3.3. Carte des volumes d'eau prélevés	81
IX.3.4. Tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie'	82
IX.3.5. Coupes hydrogéologiques.....	82
X. Bibliographie.....	83
Annexe 1: Liste des abréviations des institutions et organismes	87
Annexe 2: Table des illustrations	89
Annexe 3: Carte de localisation.....	92
Annexe 4: Coordonnées géographiques des ouvrages cités dans la notice	93

AVANT-PROPOS

La réalisation de la carte hydrogéologique Maffe-Grandhan 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 juillet 2006¹. L'actualisation de cette carte a été effectuée en 2014 par Ingrid Ruthy. Elle prend en compte les données disponibles dans la base de données "BD-Hydro" (outil de travail commun aux équipes universitaires et à l'administration wallonne (DGARNE)). Ainsi les données concernées sont les zones de prévention, les volumes prélevés, les nouveaux ouvrages déclarés, des données piézométriques nouvelles encodées dans la base de données. Une collecte exhaustive de données complémentaires n'a pas été menée.

Collaborent au projet 'Carte hydrogéologique de Wallonie' l'Université de Mons (UMons), 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, et plus particulièrement le Bureau Conseil en Géologie (BCG) et ECOFOX. Nous remercions également l'AIEC et la SWDE. Nous remercions aussi tous les particuliers et industries qui nous ont permis de visiter leur prise d'eau et d'y faire quelques mesures, lors de la première version de la carte hydrogéologique. Pour leur relecture attentive et constructive de la carte et de la notice, nous remercions Benjamin Gérard et Laurent Piront du bureau d'études GEOLYS et Jean-Marc Marion, géologue-cartographe à l'Université de Liège (département de géologie).

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).

¹ Ruthy I. & Dassargues A. (2006). Carte hydrogéologique de Wallonie, Maffe-Grandhan, 54/3-4. 1:25000. Namur, Service Public de Wallonie, Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement, 1 notice explicative de 40 p. + annexes

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

I. INTRODUCTION

La région couverte par la carte Maffe-Grandhan se positionne entre les Provinces de Namur et de Luxembourg, à une cinquantaine de kilomètres, à vol d'oiseau, de Liège (Figure I.1). Les principaux aquifères exploités sur cette carte sont logés dans les formations calcaires du Carbonifère. Les formations gréseuses et schisto-gréseuses du Dévonien représentent également des potentialités aquifères non négligeables. Outre les ouvrages appartenant à des particuliers, dont de nombreux agriculteurs, les eaux souterraines de cette région sont exploitées pour la distribution publique d'eau potable par l'Association Intercommunale des Eaux du Condroz (AIEC) et la Société Wallonne des Eaux (SWDE).

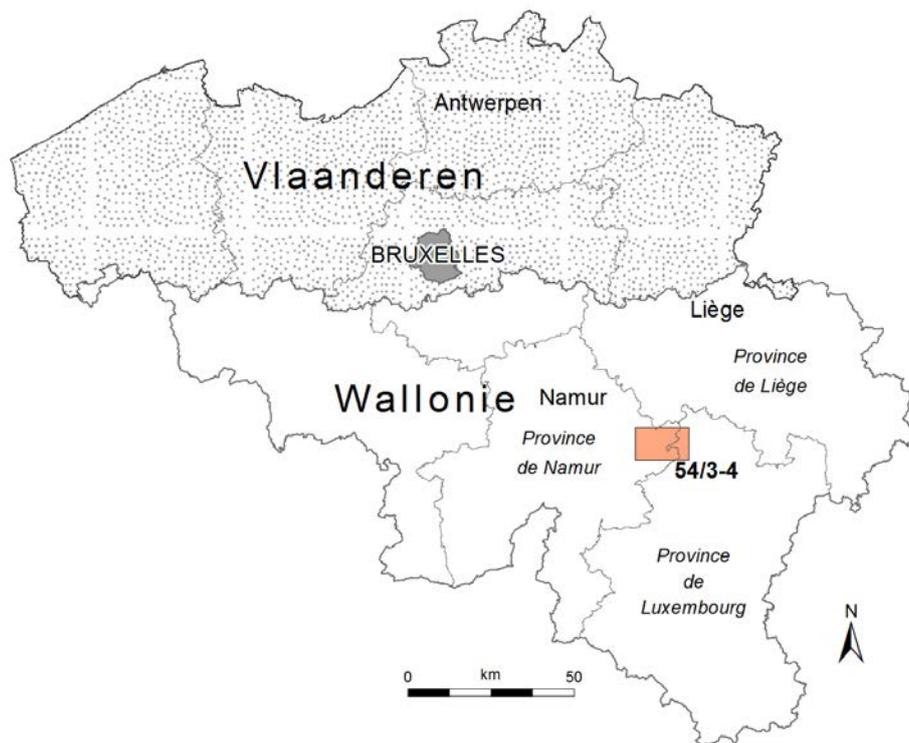


Figure I.1: Localisation de la carte Maffe-Grandhan

II. CADRES GEOGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE, HYDROGRAPHIQUE ET PEDOLOGIQUE

Deux ensembles paysagers² se distinguent sur la carte Maffe-Grandhan (figure II.1): l'Ensemble du moyen plateau condrusien (08) et l'Ensemble de la dépression Fagne-Famenne et de sa bordure sud (09). Le plateau légèrement incliné vers le nord et aux allures ondulées qu'est le Condroz, est le reflet de la structure géologique. Il est caractérisé par une succession de crêtes topographiques (tiges) et de dépressions (chavées), orientées SW-NE. Ce relief influence l'aménagement du territoire et est accentué par le couvert végétal. Généralement, les forêts occupent les sommets, les versants en pente douce sont réservés aux cultures et les fonds de vallées sont occupés par les prairies. Le faciès de la bordure famenno-condrusienne présente un relief plus accidenté que le "Vrai Condroz". La Famenne, large dépression humide faisant la transition entre, d'une part le Condroz, et d'autre part la Calestienne et l'Ardenne, présente un relief assez plat à l'altitude modérée (inférieure à 200 m). Son réseau hydrographique est dense. (Droeven *et al.*, 2004).

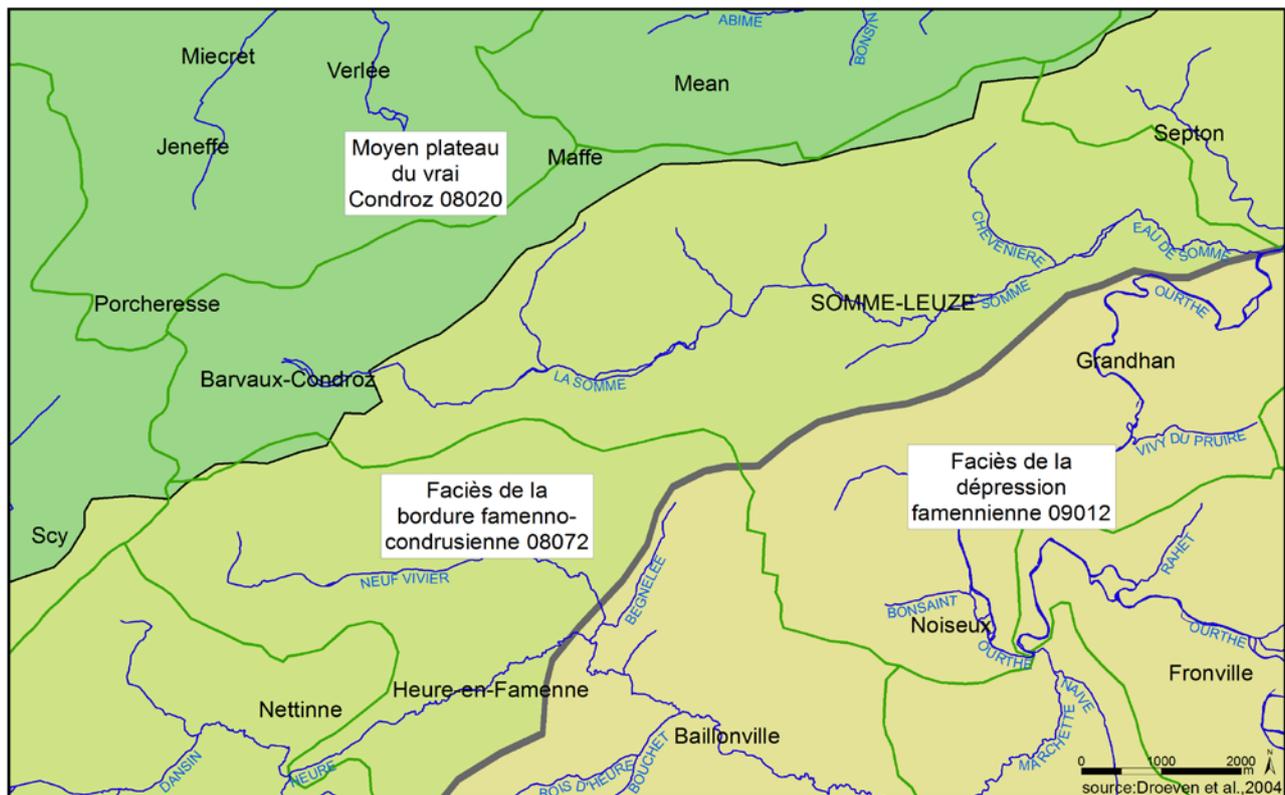


Figure II.1: Territoires paysagers – Maffe-Grandhan

Le relief de la région de Maffe-Grandhan est relativement contrasté (figure II.2). Deux aires se distinguent tant par les altitudes que le modelé. Ainsi la carte est grosso modo découpée en deux selon une diagonale SW-NE. La partie nord, le Condroz, est caractérisée par des altitudes plus élevées. Le point culminant de la carte se situe sur la ligne de crête entre les sous-bassins de la Somme et de la Marchette, à l'est de Maffe. La partie sud, correspondant à la Famenne, est moins

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

accidentée et plus basse en altitudes. Le point bas de la carte est aux alentours de 150 m le long de l'Ourthe (à sa sortie de la carte à l'est).

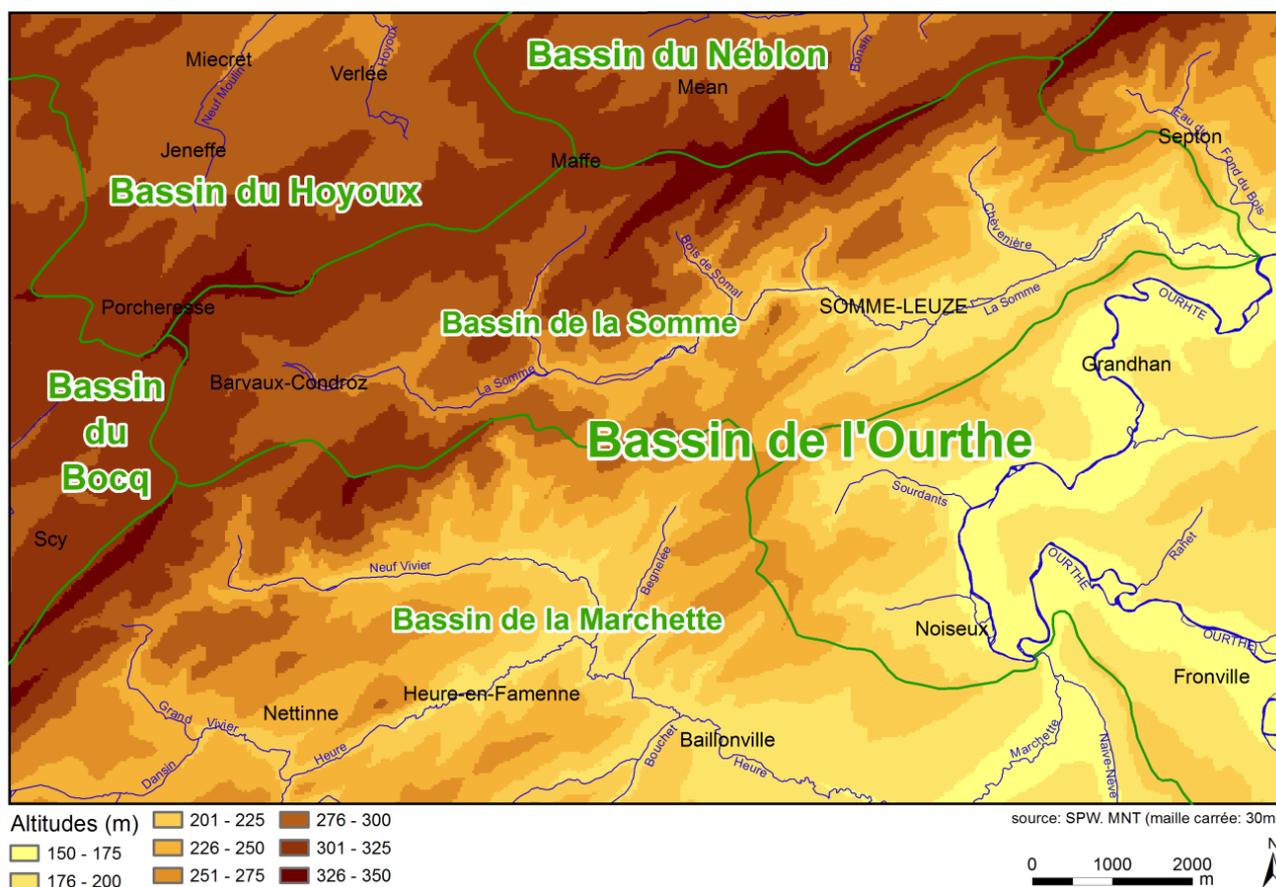


Figure II.2: Relief et bassins-versants - Maffe-Grandhan

La région couverte par la carte est située au droit de trois bassins hydrologiques majeurs: l'Ourthe, le Bocq et le Hoyoux (figure II.2). Ils font tous partie du bassin de la Meuse.

- Le bassin de l'Ourthe occupe 84 % de la superficie de la carte (environ 135 km²). Ses principaux sous-bassins sur la carte Maffe-Grandhan sont, d'amont en aval, le bassin de la Marchette (avec le ruisseau d'Heure), le bassin de la Somme et le bassin du Néblon. L'Ourthe rejoint la Meuse à Liège.
- La tête du bassin du Hoyoux occupe 10 % de la carte (soit 15,5 km²). Cette rivière prend sa source à Buzin, au sud de Verlée. Elle se jette dans la Meuse à Huy.
- La tête du bassin du Bocq occupe environ 6 % du territoire de la carte (soit 9,5 km²). Le Bocq prend sa source à Scy et se jette dans la Meuse à Yvoir après un parcours de 45 km.

La figure II.3 représente la carte d'occupation du sol de la région de Maffe-Grandhan (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 carte et les forêts

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>

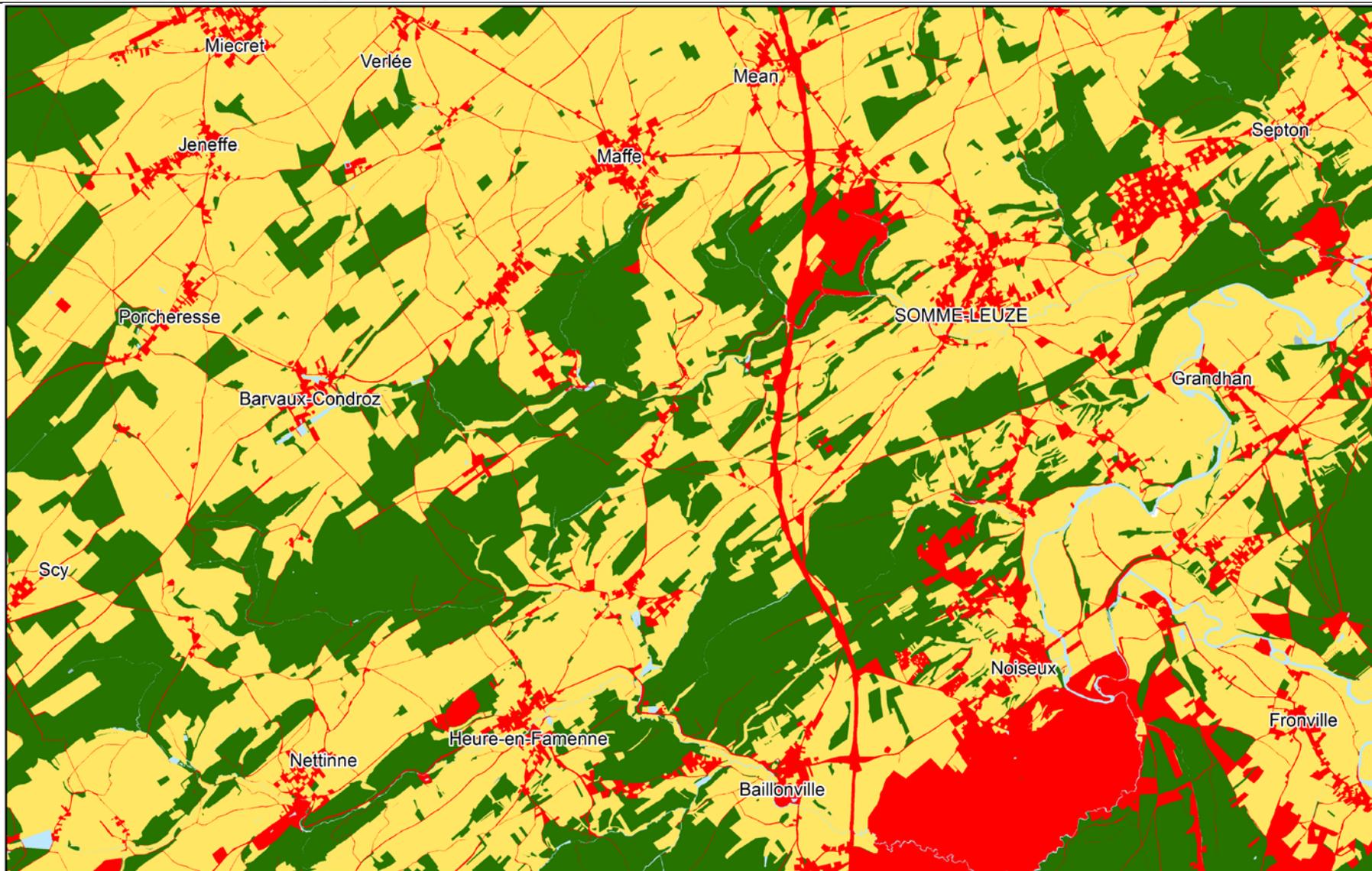
environ un tiers (tableau II.1). L'habitat est groupé en villages et hameaux. Il s'étire aussi le long des tiges et des axes de communication (suite à l'urbanisation croissante). La catégorie "Territoires artificialisés" ne comprend pas exclusivement les zones d'habitat. Ainsi, au sud de la carte, entre Noisieux et Baillonville, la zone nord du camp militaire de Marche-en-Famenne est intégrée à cette catégorie alors que celui-ci est principalement constitué d'espaces naturels. Les espaces verts artificialisés, non agricoles sont également inclus dans cette catégorie. Ainsi, le golf situé au nord-ouest de Somme-Leuze ou encore le village de vacances de Grandhan (parc résidentiel très arboré) forment des tâches rouges sur la carte de l'occupation du sol. La route nationale N63, appelée aussi la "Route du Condroz" reliant Liège à Marche-en-Famenne, traverse la carte du nord au sud (trait rouge coupant la carte). Les surfaces enherbées (prairies) représentent 67 % des territoires agricoles, ensuite viennent les terres arables (cultures sarclées ou non, maraichères) avec 32 %. Les vergers et les friches totalisent 1 % de la catégorie.

Tableau II.1: Répartition de l'occupation du sol – Maffe-Grandhan

Territoires artificialisés (dont les zones d'activité extractive)	19 km ²	12%
Territoires agricoles	90 km ²	56,5%
Forêts et milieux semi-naturels	48 km ²	30,5%
Surface en eau	1,5 km ²	1%
Zones humides	0,01 km ²	0,01%
Non classé	0,01 km ²	0,01%

La carte des sols reflète assez bien la complexité de la géologie de la région étudiée (figure II.4). Les grandes structures géomorphologiques s'y lisent aisément: au nord-ouest, le Condroz et au sud-est la Famenne. La carte des types de sol de Maffe-Grandhan indique une prépondérance des sols limono-caillouteux. Les données sont extraites de la Carte Numérique des Sols de Wallonie⁴ (CNSW, 2007). La nature de la charge caillouteuse des sols est directement liée à la roche-mère. Ainsi, les sols à charge calcaire se retrouvent davantage au droit des formations carbonatées; comme cela est observable dans le nord-ouest de la carte. Les sols à charge schisteuse ou psammitique dominant largement. Ils sont situés au droit des anticlinaux gréseux du Condroz et de la dépression de la Famenne. L'épaisseur de la couverture limoneuse dans cette dernière zone est souvent peu épaisse. D'une manière générale, sur l'ensemble de la carte, le drainage naturel est favorable.

⁴ Pour plus d'informations, consulter <http://cartopro3.valid.wallonie.be/CIGALE/>



Occupation du sol - Niveau 1

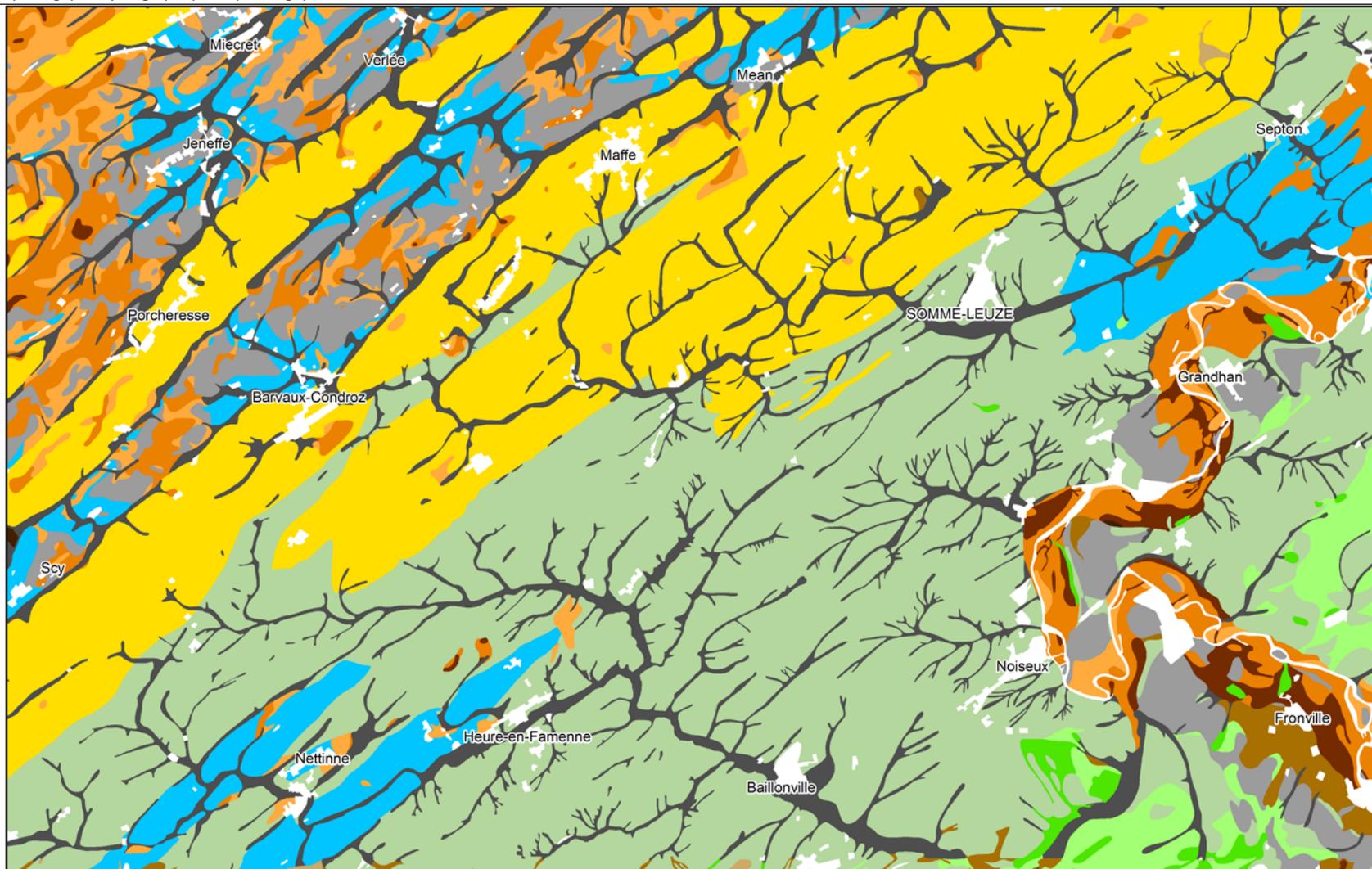
- | | |
|--|--|
| ■ Territoires artificialisés | ■ Zones humides |
| ■ Territoires agricoles | ■ Surfaces en eau |
| ■ Forêts et milieux semi-naturels | ■ Non classé |

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

0 2000 4000 m



Figure II.3: Carte de l'occupation du sol - Maffe-Grandhan



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

Type de sols

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

0 2000 4000 m



Figure II.4: Carte des types de sol – Maffe-Grandhan

III. CADRE GEOLOGIQUE

III.1. CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL

La carte Maffe-Grandhan se situe dans la partie centrale du Synclinorium de Dinant (figure III.1) (Boulvain & Pingot, 2011). Cette mégastructure géologique est composée de formations sédimentaires dévono-carbonifères. Elle comprend deux zones synclinales séparées par un axe anticlinal courant 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. La carte Maffe-Grandhan se situe dans le prolongement oriental du Massif de Philippeville. L'Anticlinorium Durbuy-Philippeville est une bande complexe et discontinue, composé de formations calcaires dévoniennes.

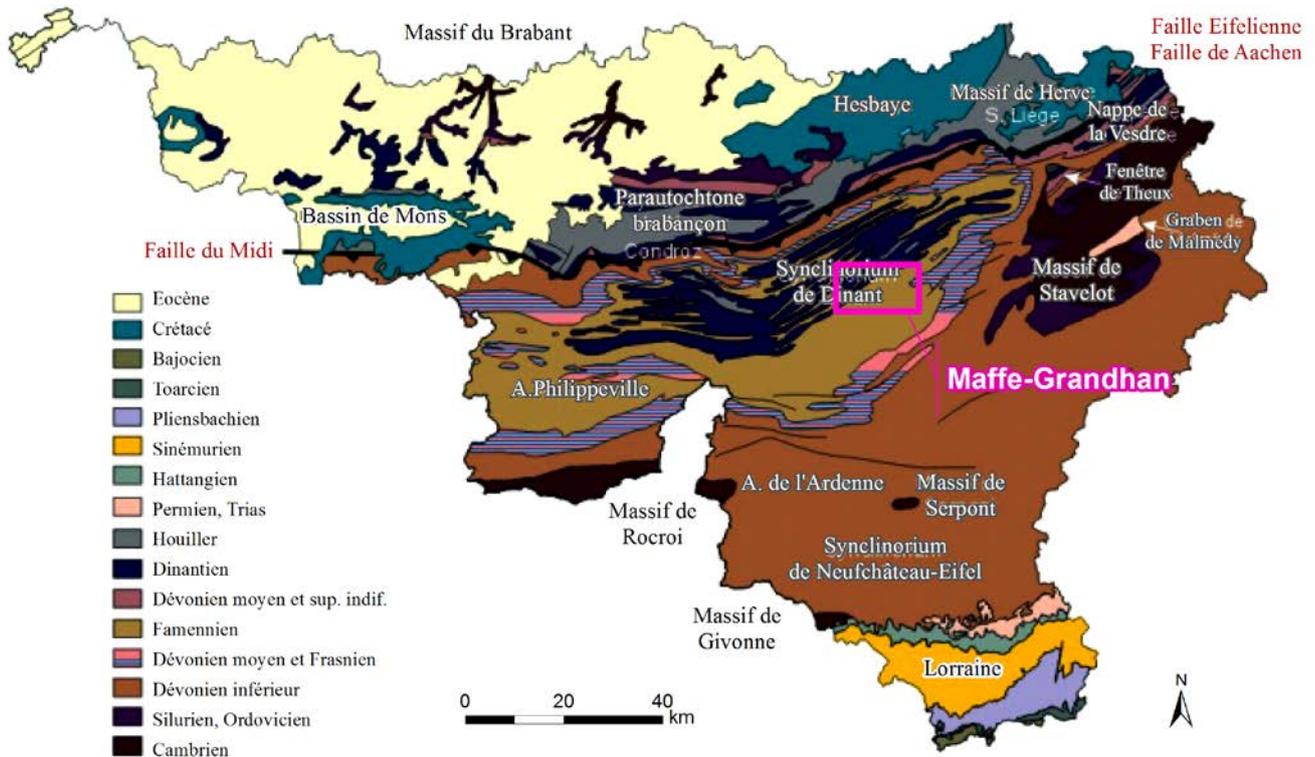


Figure III.1: Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2011; modifié)

III.2. CADRE GEOLOGIQUE DE LA CARTE

Les formations géologiques rencontrées à l'affleurement sur la carte Maffe-Grandhan sont constituées de roches datant du Givetien au Viséen. Elles appartiennent au 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, 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 Maffe-Grandhan au 1/25.000 dressée par L.Barchy et JM.Marion (2008). 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 Maffe-Grandhan démarre avec le Dévonien moyen. La succession des dépôts dévoniens à l'affleurement s'y étend depuis les formations carbonatées du Givetien jusqu'aux formations détritiques terrigènes du Famennien.

Givetien

La **Formation de Fromelennes (FRO)**, seule représentante de cet étage sur la carte étudiée, est composée de calcaires gris en bancs épais pluridécimétriques à plurimétriques, suivis par des calcaires argileux en bancs moins épais (cm-dm). Ces calcaires correspondent au sommet du *Membre de Moulin Boreux* et au *Membre de Fort Hulobiet*. La base de cette formation est constituée de schistes et de grès souvent carbonatés (*Membre de Flohimont*, non atteint sur cette carte). L'épaisseur de la formation, sur la carte Maffe-Grandhan, est d'une centaine de mètres.

Frasnien

- La base transgressive du Frasnien est caractérisée par des schistes avec localement quelques faciès carbonatés (nodules calcaires épars et rares lentilles calcaires) de la **Formation de Nismes (NIS)**. Cette formation, identifiée notamment par la "zone des monstres", brachiopodes de grande taille disséminés dans des calcaires argileux, subnoduleux en bancs décimétriques à la base de la formation. Son épaisseur est d'environ 30 m.
- Ensuite, la **Formation du Pont de la Folle (FOL)** comprend deux membres. A la base, le *Membre de la Fontaine de Samart (FSA)*, d'une trentaine de mètres d'épaisseur, est constitué de calcaires gris et localement massifs, puis noirs et bien stratifiés. Au sommet, le *Membre des Machenées (MAC)*(environ 60 m) est essentiellement argileux et composé de schistes verts plus ou moins noduleux (nodules calcaires) puis de schistes fins verts devenant très noduleux vers le sommet.
- La **Formation de Philippeville (PHV)** constitue le principal ensemble carbonaté de l'étage (épaisseur d'environ 100 m). Il s'agit d'une trentaine de mètres de calcaire noir en bancs minces, avec quelques lentilles bioconstruites. Cet ensemble est surmonté d'un complexe biostromal d'environ 60 m de puissance, à stromatopores, calcaires algaires, laminites. Cette formation est régulièrement dolomitisée.
- La base de la **Formation de Neuville (NEU)** est souvent soulignée par quelques bancs décimétriques de calcaire argileux (wackestone) interstratifiés dans les schistes. Ensuite, on y observe des shales et des schistes fins à nombreux nodules pluricentimétriques de calcaire fin (mudstone). Son épaisseur est variable; 35 m environ.
- La **Formation des Valisettes (VAL)** est essentiellement composée de schistes fins gris foncé et verdâtres. Vers la base de la formation, s'intercalent des bancs de calcaire

noduleux. Un niveau récifal de marbre rouge à semelle crinoïdique se développe parfois dans la partie moyenne de la formation. Ces lentilles de calcaires construits, également appelées *monticules micritiques*, ont jadis été exploitées à Nettinne, à Grandhan ou encore à Petite Somme. La puissance de la Formation des Valisettes est estimée à plus de 100 m.

- La **Formation de Barvaux (BAR)** est constituée de schistes fins violacés (parfois verts) à lumachelles de brachiopodes. De rares et minces lentilles gréseuses y sont parfois rencontrées. La base de cette formation est soulignée par un horizon calcaire constitué d'un banc métrique de calcaire fin et de 2 à 3 m de calcaire argileux (souvent récifal)(Coen, 1974). L'épaisseur de cette formation est variable, minimum 90 m.

Localement, vers la base de ces deux formations, des lentilles de calcaires construits (récifs de marbre rouge) ou **monticules micritiques (MM)** se sont développées. Leur épaisseur varie de 40 à 80 m. Ils ont été exploités comme marbre.

Ces deux dernières formations étant lithologiquement très semblables, les auteurs de la carte géologique Maffe-Grandhan les ont cartographiées ensemble (**Regroupement Valisettes-Barvaux VB**).

Famennien

- Les dépôts détritiques terrigènes du Famennien débutent avec des shales fins, vert olive de la **Formation de la Famenne (FAM)**. Dans cet ensemble schisteux, s'intercalent régulièrement de minces lits (cm) de grès laminaire gris vert et parfois des lentilles de calcaire gréseux micacés. La puissance de cette formation est comprise entre 150 et 200 m.
- La **Formation d'Aye (AYE)** est composée d'une alternance de shales gris-vert à gris clair et de siltites ou des grès fins hétérogènes, argileux gris-vert à gris-beige, parfois bien stratifiés et laminaires. Localement, on observe des nodules ou lentilles de calcaires et des bancs des grès micacés. La puissance de cette formation est comprise entre 50 et 150 m.
- Bien que la **Formation d'Esneux (ESN)** soit, en certains endroits, difficilement distinguable de la Formation d'Aye, les auteurs de la carte géologique ont décidé de les différencier. Le faciès typique de la Formation d'Esneux est formé d'une alternance pluricentimétrique de petits bancs de grès silteux micacé, verdâtre et de bancs silto-argileux, parfois même schisteux. Son épaisseur est variable, entre 80 et 150 m.
- La **Formation de Souverain-Pré (SVP)** se caractérise, à la base, par des schistes carbonatés gris-vert à nodules de calcaire. Ensuite des schistes passent à des calcaires argileux gris, noduleux, généralement crinoïdiques. Localement, s'intercalent des grès micacés à brachiopodes. Cette formation, peu épaisse (environ 35 m), marque le seul épisode transgressif du Famennien.
- Les **Formations de Ciney (CIN), de Comblain-la-Tour (CLT), de Montfort (MFT), d'Evieux (EVX), de Comblain-au-Pont (CLP)** sont regroupées sous le vocable "**Regroupement CMEC**". Cet ensemble est composé de grès, de quartzites arkosiques et arkoses micacés, alternant avec des siltites et des shales micacés. L'épaisseur des bancs

est variable et peut parfois atteindre quelques mètres. Le sommet s'enrichit des niveaux calcaires de la Formation de Comblain-au-Pont. Cette dernière formation, connue aussi sous le nom de "Strunien" marque le passage à la sédimentation carbonatée du Tournaisien. Sa base comprend des grès suivis de shales carbonatés alternant avec des calcaires argileux. La puissance totale de ce regroupement est comprise entre 250 et 300 m.

III.2.1.1.2 Carbonifère

La sédimentation du Carbonifère commence par des dépôts carbonatés du Dinantien et devient terrigène au Silésien. Ce dernier n'est pas présent sur la carte Maffe-Grandhan. Dans la partie occidentale de la carte, le Dinantien, principalement le Tournaisien, présente une zone de transition entre les dépôts typiques de l'Auge dinantaise et ceux de l'aire de sédimentation du Condroz. Ainsi, latéralement, on a des variations de faciès. L'Auge dinantaise verra se développer les faciès associés aux monticules récifaux du Waulsortien, alors que le Condroz sera le siège d'une sédimentation bioclastique, souvent riche en crinoïdes (Hance *et al.*, 2001). Il faut noter que sur le bord nord de la carte Maffe-Grandhan (synclinal de Méan-Chardeneux), on observe l'un des faciès de l'Auge dinantaise. Ainsi, la Formation de Waulsort est présente à Chardeneux (Méan) ou encore vers l'est, à Néblon-le-Moulin (hors carte) (Marion, comm.pers.,2013).

Hastarien (Tournaisien)

- Cet étage débute avec la **Formation d'Hastière (HAS)** et ses calcaires crinoïdiques stratifiés à lits schisteux et ses quelques niveaux de calcaires argileux. Son épaisseur est comprise entre 20 et 25 m.
- La **Formation de Pont d'Arcole (PDA)** est formée essentiellement de shales (schistes) fissiles verdâtres, fins vers la base et devenant progressivement calcaireux et fossilifères vers le sommet. Son épaisseur est de 12,5 à 15 m.
- La **Formation de Landelies (LAN)**, dont l'épaisseur varie de 20 à 45 m, est caractérisée par des calcaires crinoïdiques en bancs pluridécimétriques à métriques avec des interlits argileux ou schisteux dans la partie inférieure. La partie supérieure est marquée par des calcaires massifs et l'absence de niveaux argileux. Dans certains cas, cette partie peut être confondue avec la Formation de l'Ourthe.
- La **Formation de Maurenne (MAU)** est constituée de calcschistes et de calcaires argileux gris foncé à noirs. Son épaisseur est variable, comprise entre 15 et 38 m. Vers l'est, cette formation disparaît. Elle pourrait être confondue avec la base de la Formation d'Yvoir, généralement très argilo-carbonatée.

Dans le cadre de l'étude de l'établissement des zones de prévention des captages de Scy et En Veneux à Hamois, les investigations menées sur le terrain (prospection géophysique, forages) semblent indiquer que la limite nord du synclinal de Barvaux-Condroz – Méan se situe quelques dizaines de mètres plus vers le nord par rapport aux tracés de la carte géologique de Wallonie (ECOFOX, 2007b). Au chapitre IV.2.1 où le contexte hydrogéologique de ce site de captage est décrit, le tracé proposé par le bureau d'études est repris sur la figure IV.6.

Ivorien (Tournaisien)

- Epaisse de 45 à 65 m, la **Formation d'Yvoir (YVO)** est composée de calcaire foncé et grenu avec des lits irréguliers de crinoïdes et de coquilles, et beaucoup de cherts. La base de la formation est nettement argileuse. Les deux tiers supérieurs sont franchement calcaires et bien stratifiés.
- La **Formation de l'Ourthe (OUR)** est constituée de calcaires crinoïdiques (grainstone), parfois dolomités, en bancs massifs et épais, appelé "Encrinite" ou "Petit Granit" de l'Ourthe. Son épaisseur est variable, allant de 25 à 40 m.
- La **Formation de Martinrive (MRT)** est composée, à la base, de calcaires foncés finement grenus (mudstone-packstone) avec des nombreux cherts, de calcaires argileux à nodules de calcite et de silice. Le sommet est composé de calcaires grenus (grainstone) et de calcaires fins (mudstone) parfois dolomités et généralement dépourvus de cherts. Sa puissance est d'une cinquantaine de mètres.
- La **Formation de Longpré (LPR)** comprend deux membres. Le *Membre de Flémalle (FLE)*(membre inférieur) est caractérisé par des calcaires gris-noir, grenus, crinoïdiques, en bancs massifs souvent dolomités. Le *Membre des Avins (AVN)*(membre supérieur) est composé de 8 m de calcaires blanc-gris, grenus, oolithiques, massifs, localement dolomités. Cette formation a une épaisseur comprise entre 50 et 70 m.

Deux formations typiques des faciès de l'Auge dinantaise (Poty *et al.*, 2001) sont observées dans la partie ouest de la carte Maffe-Grandhan: les Formations de Bayard et de Waulsort.

- La **Formation de Bayard (BAY)**, équivalent latéral des Formations d'Yvoir et de l'Ourthe, est composée de calcaire gris, crinoïdique, dolomitisé, formant la semelle des récifs waulsortiens. Son épaisseur est variable, de 5 à 30 m.
- La **Formation de Waulsort (WAU)**, équivalent latéral des Formations de Martinrive et de Longpré, est constituée de calcaires gris-beige construits massifs, souvent dolomités, forment des masses lenticulaires. Il s'agit de monticules, souvent dénommés "récifs waulsortiens". Son épaisseur est très variable, de 0 à 300 m, selon les aires de sédimentation (Poty *et al.*, 2001).

Moliniacien (Viséen)

- La **Formation de Terwagne (TER)** est composée de dolomie bréchoïde, puis de calcaires fins ou grenus à oolithes, oncolites, stromatolites. Son épaisseur peut atteindre 100 à 110 m.
- La **Formation de Neffe (NEF)** est caractérisée par des calcaires grenus (packstone à grainstone), gris, crinoïdiques avec des oncolites et stromatolites, en gros bancs épais. Son épaisseur est variable, minimum 30 m.

III.2.1.2. Formations du Cénozoïque

III.2.1.2.1 Paléogène-Néogène

Il subsiste quelques **dépôts sableux (SBL)** comblant les paléokarsts affectant les calcaires carbonifères. Ces dépôts, assez hétérogènes, sont composés de sables quartzeux souvent micacés, fins à moyens, sans stratification précise, avec des lentilles argileuses. Ces poches n'ont, en général, qu'une faible extension et leur épaisseur est très variable (quelques mètres à une dizaine de mètres).

III.2.1.2.2 Quaternaire

Les **alluvions anciennes (ALA)** sont composées majoritairement de limon sableux, d'argile de teinte brun ocre à nombreux galets de diamètre variable, d'origines et de natures diverses. Ces dépôts alluvionnaires anciens se retrouvent dans les terrasses de l'Ourthe. Leur épaisseur est variable, allant de quelques décimètres à plusieurs 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, variable, peut atteindre quelques mètres. La plaine alluviale est constituée d'une série de tronçons tantôt larges, tantôt étroits, conditionnés par la nature lithologique du substratum. Sur la carte Maffe-Grandhan, l'Ourthe, avec ses nombreux méandres, a développé une large plaine alluviale dans la dépression de la Famenne.

D'**autres dépôts quaternaires** sont aussi observés sur la carte Maffe-Grandhan. Ils ne sont pas cartographiés sur la carte hydrogéologique. Une couverture constituée par des limons d'origine éolienne (loess) 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 Maffe-Grandhan appartient au Synclinorium de Dinant, vaste structure allochtone plissée (direction générale des plis: WSW-ENE). Quatre sous-unités lithostratigraphiques s'y distinguent sur le territoire de la carte (figure III.2). Du nord au sud, on observe:

- le Condroz: unité définie par une succession régulière de synclinaux calcaires et d'anticlinaux grésos-psammitiques, généralement droits, parfois déjetés vers le nord.
- la transition Condroz-Famenne: unité argilo-silteuse et silto-gréseuse d'âge famennien, avec des plis déjetés à déversés vers le nord.
- la Famenne: unité composée de dépôts terrigènes argilo-silteux avec des nombreux plis serrés déjetés vers le sud accompagnés de plis secondaires. La Famenne se développe de part et d'autre de la bande anticlinoriale Philippeville-Durbuy (de Magnée, 1932; Barchy & Marion, 2008).
- la bande anticlinoriale Philippeville-Durbuy: unité complexe et discontinue constituée de calcaires dévoniens. Cette bande correspond au prolongement oriental de l'Anticlinorium de Philippeville. Les plis y sont dysharmoniques (de Magnée, 1932).

Aucune faille importante ne semble affecter la structure de cette carte et seules quelques petites failles secondaires ont été reconnues.

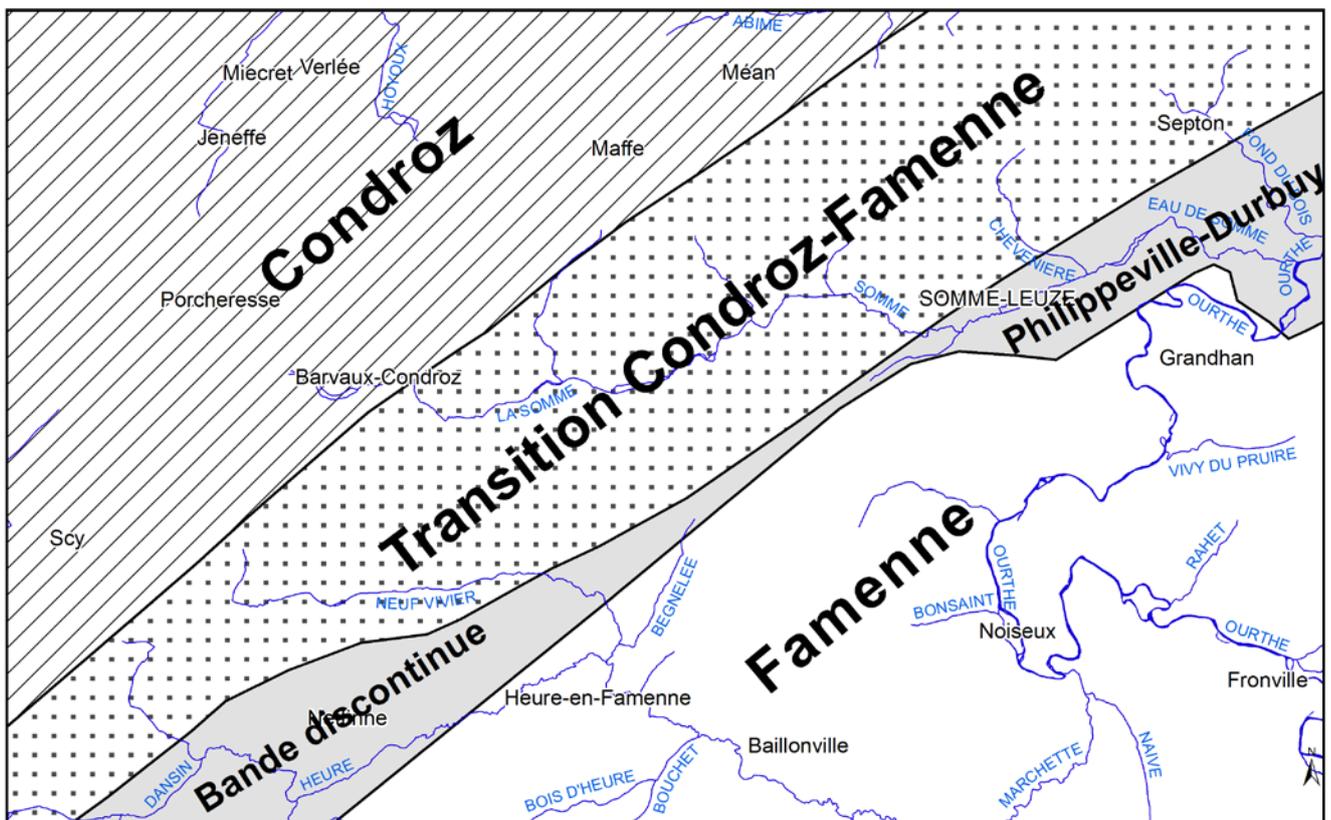


Figure III.2: Schéma de l'écorché du socle de la carte Maffe-Grandhan

IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE

A l'échelle de la Wallonie, les ressources en eau souterraine de la carte Maffe-Grandhan ne forment pas une réserve régionalement importante. Les aquifères calcaires (tant du Carbonifère que du Dévonien) et les aquifères gréseux du Famennien affleurent sur, à peine, un tiers de la surface de la carte. Ces nappes sont exploitées au niveau local afin d'alimenter en eau les localités de la région.

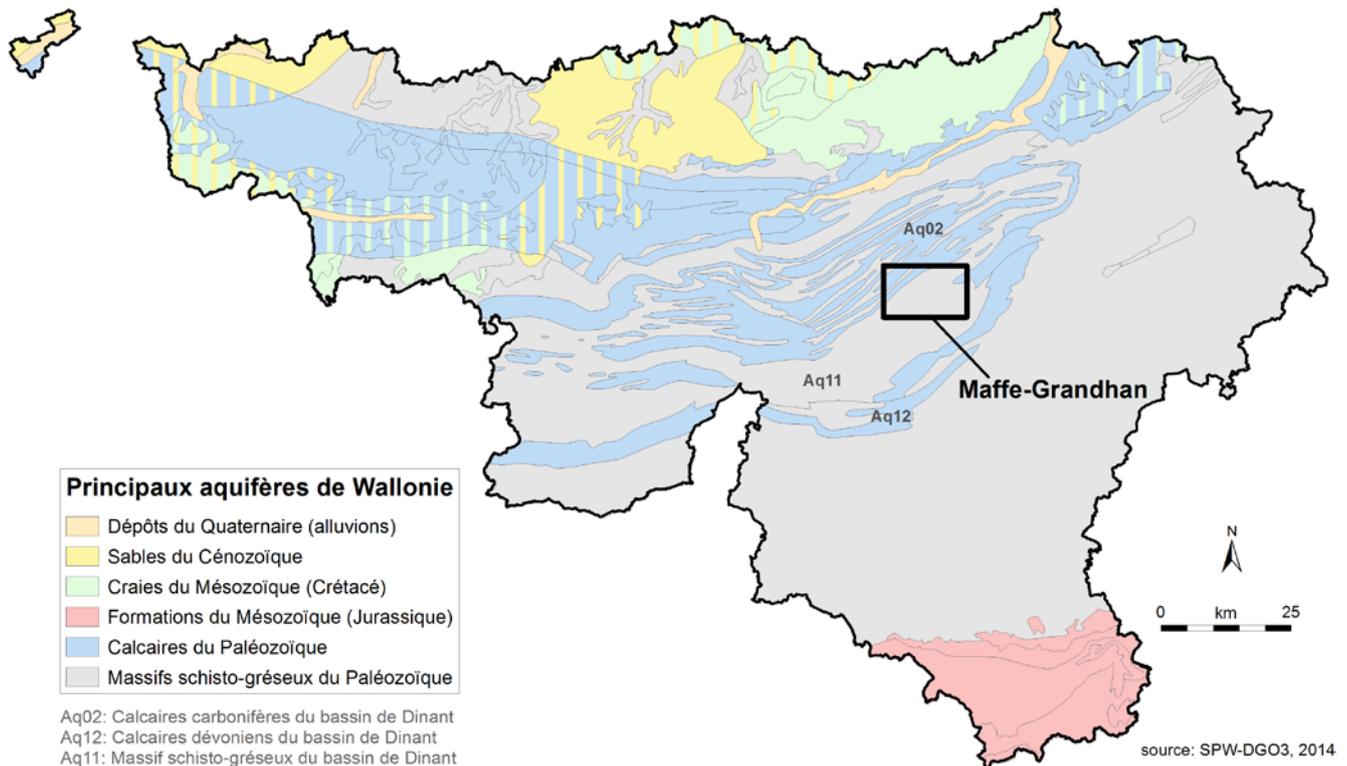


Figure IV.1: Principaux aquifères de Wallonie – Carte de Maffe-Grandhan (SPW-DGO3, 2014; modifié)

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 (Pfankuch, 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 Maffe-Grandhan sont décrites ci-dessous dans l'ordre stratigraphique. Elles sont reprises de manière synthétique en fin de chapitre (tableau IV.1).

IV.1.1. Unités hydrogéologiques du Dévonien

Sept unités hydrogéologiques sont définies parmi les terrains du Dévonien affleurant sur la carte Maffe-Grandhan. Elles occupent plus des trois quarts de la superficie de la carte.

IV.1.1.1. *Aquifères des calcaires du Givetien et du Frasnien*

Les formations carbonatées du Dévonien de la bande discontinue Philippeville-Durbuy 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 Givetien est composé par la Formation de Fromelennes, seule représentante de cet étage sur cette carte (coin nord-ouest). Le Membre de Flohimont (Formation de Fromelennes) présentant un faciès à dominance argileuse n'est pas atteint sur cette carte.

L'aquifère des calcaires du Frasnien est constitué par la Formation de Philippeville, le Membre de la Fontaine de Samart et les "Monticules Micritiques" de la Formation des Valisettes. Le Membre de la Fontaine de Samart (Formation du Pont de la Folle), épais d'une trentaine de mètres, est cartographié avec le Membre schisteux des Machénées (60 m) de la même formation. Ils sont donc également regroupés sur la carte hydrogéologique. Les lentilles récifales de calcaire rouge, "Monticules Micritiques", sont peu observées sur la carte Maffe-Grandhan. Quatre affleurements ont été repérés au sein de la Formation des Valisettes. De petites zones aquifères peuvent se développer dans ces niveaux carbonatés.

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

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

IV.1.1.2. Aquitards du Frasnien et du Famennien

L'aquitard du Frasnien est représenté par la Formation de Neuville composée de calcaire argileux et de shales avec quelques nodules calcaires. Il marque la limite entre l'aquifère calcaire du Frasnien et l'aquiclude du Frasnien.

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, 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.1.1.3. Aquicludes du Frasnien et du Famennien

Le Frasnien et le Famennien comprennent plusieurs formations à dominance argileuse. Constituées de shales et schistes fins, ces terrains présentent une conductivité hydraulique très faible les définissant en tant qu'aquiclude.

A la base de l'étage, la Formation de Nismes et le Membre des Machénées (Formation du Pont de la Folle) constituent un seuil hydrogéologique, isolant l'aquifère des calcaires du Givetien de l'aquifère des calcaires du Frasnien. Il s'agit de l'aquiclude du Frasnien. Comme mentionné au point précédent, la Formation du Pont de la Folle contient aussi un horizon plus perméable formé de calcaires stratifiés (Membre de la Fontaine de Samart). Quoique présentant un comportement hydraulique différent de l'unité hydrogéologique, il est inclus dans l'aquiclude du Frasnien étant donné que ces calcaires n'ont pas été distingués cartographiquement des shales et schistes du membre supérieur.

Au sommet du Frasnien, le regroupement des Formations des Valisettes et de Barvaux, composées de shales et schistes fins avec localement des nodules calcaires, sont également définis en tant qu'aquiclude. Cette unité hydrogéologique est en continuité avec l'aquiclude du Famennien.

L'aquiclude du Famennien est composé par des Formations de la Famenne et d'Aye, constituées principalement de shales et de schistes très peu perméables. Cette unité hydrogéologique forme, avec l'aquiclude du Frasnien sous-jacent, un important aquiclude dont l'épaisseur totale est, au minimum, de 400 m.

IV.1.1.4. 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 environ 20% du territoire couvert par la carte Maffe-Grandhan.

Le regroupement des Formations de Ciney, 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

Quatre unités hydrogéologiques sont définies parmi les terrains du Carbonifère affleurant sur la carte Maffe-Grandhan. Elles occupent moins d'un cinquième de la superficie de la carte (NW).

IV.1.2.1. Aquifère des calcaires d'Hastière

L'aquifère d'Hastière comprend une seule formation: la Formation d'Hastière. Il borde les synclinaux calcaires du quart NW de la carte. Cet aquifère est composé de calcaires crinoïdiques stratifiés, en bancs décimétriques à métriques, avec quelques intercalations argileuses (niveaux de calcaires argileux ou lits schisteux). Il est calé entre les shales et siltites carbonatés du Strunien (Famennien supérieur) et les shales de la Formation du Pont d'Arcole. Son extension est limitée en raison de sa faible épaisseur (20 à 25 m) et la présence d'un toit peu perméable. Ces facteurs en font un aquifère d'intérêt local.

IV.1.2.2. Aquiclude des schistes du Carbonifère

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

IV.1.2.3. Aquitard du Carbonifère

La Formation de Maurenne, composée de calcschistes et de calcaires argileux, est caractérisée par des perméabilités plus faibles par rapport aux autres formations calcaires qui l'entourent. Elle définit un niveau aquitard au sein de l'aquifère des calcaires du Carbonifère. Cet horizon n'est pas continu et a une faible épaisseur (15 à 38 m).

IV.1.2.4. Aquifère des calcaires du Carbonifère

Depuis la Formation de Landelies (Tournaisien) jusqu'à la Formation de Neffe (Viséen), les calcaires et dolomies carbonifères forment un aquifère de fissures, pouvant être localement karstifié, comme en témoignent les phénomènes karstiques observés dans la région. L'épaisseur de l'aquifère des calcaires du Carbonifère peut atteindre 500 m sur cette carte.

L'aquitard de Maurenne (lorsqu'il est présent) compartimente cette unité hydrogéologique, isolant la Formation de Landelies du reste de l'aquifère. La base de la Formation d'Yvoir, de nature plus argileuse, diminue localement la conductivité hydraulique.

Comme déjà signalé dans le paragraphe sur l'aquifère des calcaires du Dévonien, d'une manière générale, les nappes calcaires karstiques sont alimentées selon deux modes distincts:

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

La nappe logée dans les synclinaux calcaires du Carbonifère est aussi alimentée par le débordement de la nappe des grès du Famennien. Les eaux des grès décalcifiés du Famennien 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.

IV.1.3. Unités hydrogéologiques du Cénozoïque

IV.1.3.1. Aquifère des sables de remplissage

Sur la carte Maffe-Grandhan, 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 le déversement de la nappe du bed-rock lorsque celui-ci est aquifère. On peut supposer également des interactions entre la nappe et la rivière, celle-ci n'étant pas (ou peu) canalisée.

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 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 Maffe-Grandhan, ces dépôts sont rares et de très petites superficies. Ils sont représentés par un figuré hachuré pouvant, malheureusement, être confondu avec le symbole des zones de prévention arrêtées.

Tableau IV.1: Tableau de correspondance entre la géologie et l'hydrogéologie - Maffe-Grandhan

Ere	Système	Série	Etage	Groupe	Formation	Membre	Lithologie	Abréviation	Hydrogéologie	
Cénozoïque	Quaternaire				Formations anthropiques		remblais, décharges, terrils	X	Nappe des remblais	
		Holocène			Alluvions modernes		limon argileux - silt - sable - gravier	AMO	Aquifère alluvial	
		Pléistocène			Limon		loess	LIM	Aquitard limoneux (non cartographié)	
					Alluvions anciennes		limon sableux - argile - galets	ALA	Aquifère des terrasses fluviales	
	Néogène	Pliocène			Dépôt sableux		sables quartzeux, souvent micacés, bien classés avec des lentilles argileuses	SBL	Aquifère des sables de remplissage	
		Miocène								
Paléogène	Oligocène									
Paléozoïque	Carbonifère	Viséen	Moliniacien		Neffe		calcaires, parfois dolomitisés	NEF	Aquifère des calcaires du Carbonifère	
					Terwagne		dolomies et calcaires	TER		
		Tourmaisien	Ivorien		Longpré	Avins	calcaires clairs massifs localement dolomitisés	AVN		LPR
						Flémalle	calcaires foncés massifs, souvent dolomitisés	FLE		
					Waulsort		calcaires construits massifs souvent dolomitisés	WAU		
					Bayard		calcaires dolomitisés	BAY		
					Martinrive		calcaires foncés	MRT		
					Ourthe		calcaires parfois dolomitisés	OUR		
			Yvoir		calcaires grenus - calcaires stratifiés	YVO				
		Hastarien		Maurenne		calcschistes et calcaires argileux	MAU	Aquitard du Carbonifère		
			Landelies		calcaires avec interlits argileux à la base	LAN	Aquifère			
			Pont d'Arcole		schistes et shales	PDA	Aquiclude des schistes du Carbonifère			
			Hastièrre		calcaires à lits schiteux et calcaires argileux	HAS	Aquifère d'Hastièrre			
	Dévonien	Supérieur	Famennien		Comblain-au-Pont		grès - shales carbonatés - calcaires argileux	CLP	CMEC	Aquifère des grès du Famennien
					Evieux			EVX		
					Monfort		grès - quartzites arkosiques et arkoses micacés - siltites et shales micacés	MFT		
					Comblain-la-Tour			CLT		
					Ciney			CIN		
					Souverain-Pré		schistes calcaireux à nodules calcaires - calcaires argileux noduleux	SVP	Aquitard du Famennien	
					Esneux		grès silteux micacés - bancs silto-argileux	ESN	Aquiclude du Famennien	
				Aye		schistes et siltites ou grès argileux - intercalations calcaires et gréseuses	AYE			
		Famenne		shales et schistes fins - intercalations gréseuses	FAM					
Frasnien			Barvaux		schistes - rares intercalations gréseuses	BAR	VB	Aquiclude du Frasnien		
			Valisettes		schistes - localement calcaires noduleux à la base	VAL				
			"Récifs de Marbres Rouges"		Monticules micritiques, lentilles de calcaires fins rouges et gris	MM	Aquifère des calcaires du Frasnien			
			Neuville		calcaires argileux - shales et schistes fins à nodules calcaires	NEU	Aquitard du Frasnien			
			Philippeville		calcaires et dolomies	PHV	Aquifère des calcaires du Frasnien			
		Pont de la Folle	Machenées	schistes noduleux à très noduleux vers le sommet	MAC	FOL	Aquiclude (Aquifère)			
		Fontaine de Samart	calcaires stratifiés	FSA						
	Nismes		shales et schistes avec localement des nodules et lentilles calcaires	NIS	du Frasnien					
Moyen	Givetien		Fromelennes		calcaires en bancs épais - calcaires argileux	FRO	Aquifère des calcaires du Givetien			

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

A l'image du cadre structural, la carte Maffe-Grandhan peut être divisée en plusieurs entités hydrogéologiques (figure IV2). Le Condroz, au nord-ouest, et la dépression de la Famenne, au sud-est, constituent les deux entités principales. Elles sont séparées par la zone de transition 'Condroz-Famenne' et la bande anticlinoriale discontinue de Philippeville-Durbuy. Les plaines alluviales de l'Ourthe et de ses affluents majeurs peuvent aussi constituer ponctuellement des réservoirs d'eau souterraine exploitables, tout comme les terrasses fluviales et les dépôts sableux. Les limons, épais de quelques mètres, jouent un rôle protecteur lors de l'infiltration des eaux météoriques.

La structure de ce sous-chapitre consacré à la description de l'hydrogéologie de la région étudiée se base sur ce découpage lithostructural. En l'absence de données précises, les principales informations relatives à l'hydrogéologie régionale sont déduites des observations cartographiques et de terrain, tant géologiques que géomorphologiques. Quelques phénomènes karstiques sont également observés dans les formations carbonatées. Ils sont localisés essentiellement dans les calcaires du Dévonien de la bande Philippeville-Durbuy. Ils sont détaillés dans ce chapitre.

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

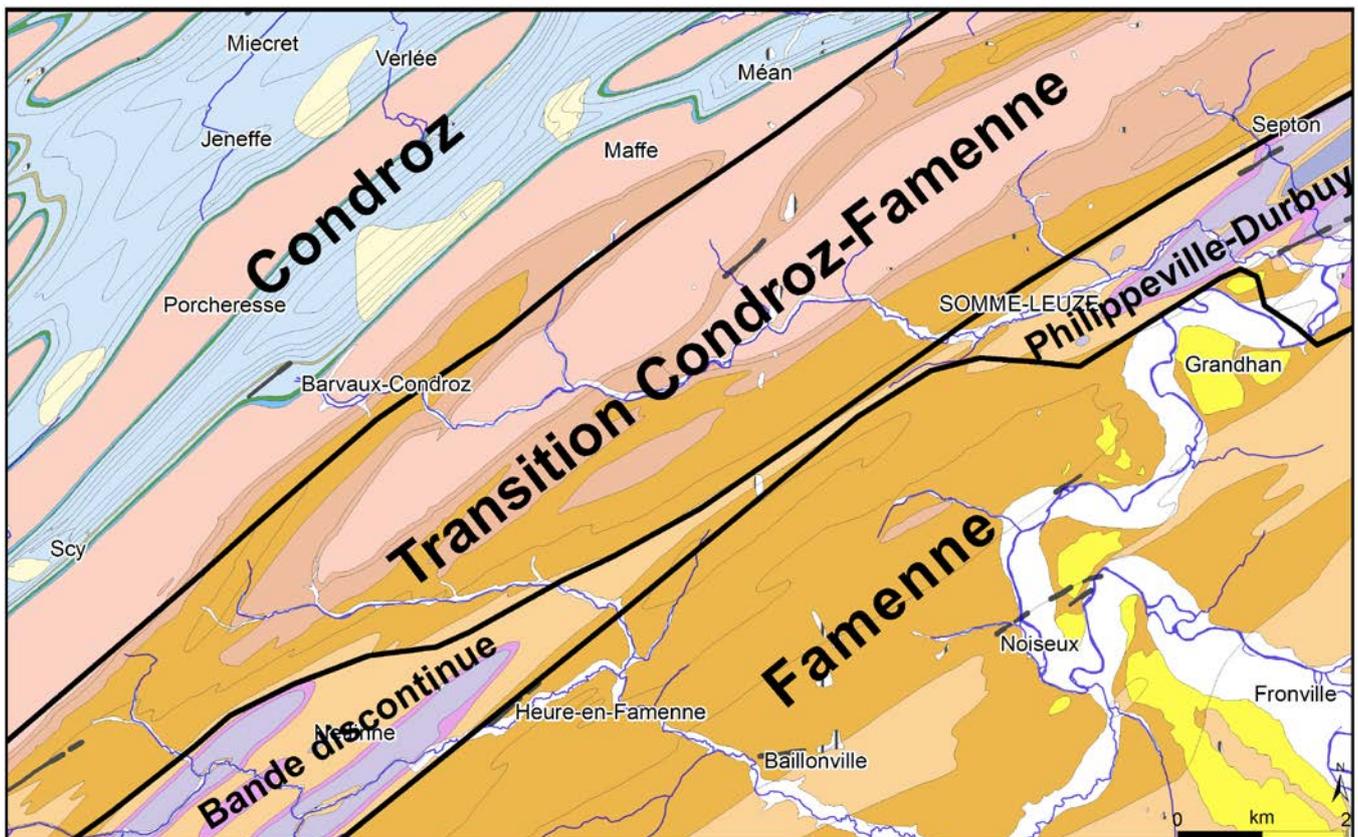


Figure IV.2: Entités hydrogéologiques de la carte Maffe-Grandhan

IV.2.1. Le Condroz

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. Ces 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 Famennien. Ces synclinaux sont généralement drainés par les rivières qui les recoupent. 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 portion du Synclinorium de Dinant localisée sur la carte Maffe-Grandhan fait partie de la zone couverte par cette étude, nommée "Projet Synclin'EAU". Quelques-unes des conclusions les plus pertinentes sont présentées dans ce chapitre.

Le schéma hydrogéologique du Condroz est donc caractérisé par une succession de plis synclinaux calcaires (Carbonifère) et de plis anticlinaux gréseux (Dévonien, Famennien). Sur la carte Maffe-Grandhan, on distingue notamment le synclinal de Jeneffe – Miécret, au nord, et le synclinal de Barvaux-Condroz – Méan, au sud. Entre ces synclinaux, se développe l'anticlinal de Porcheresse (figure IV.3).

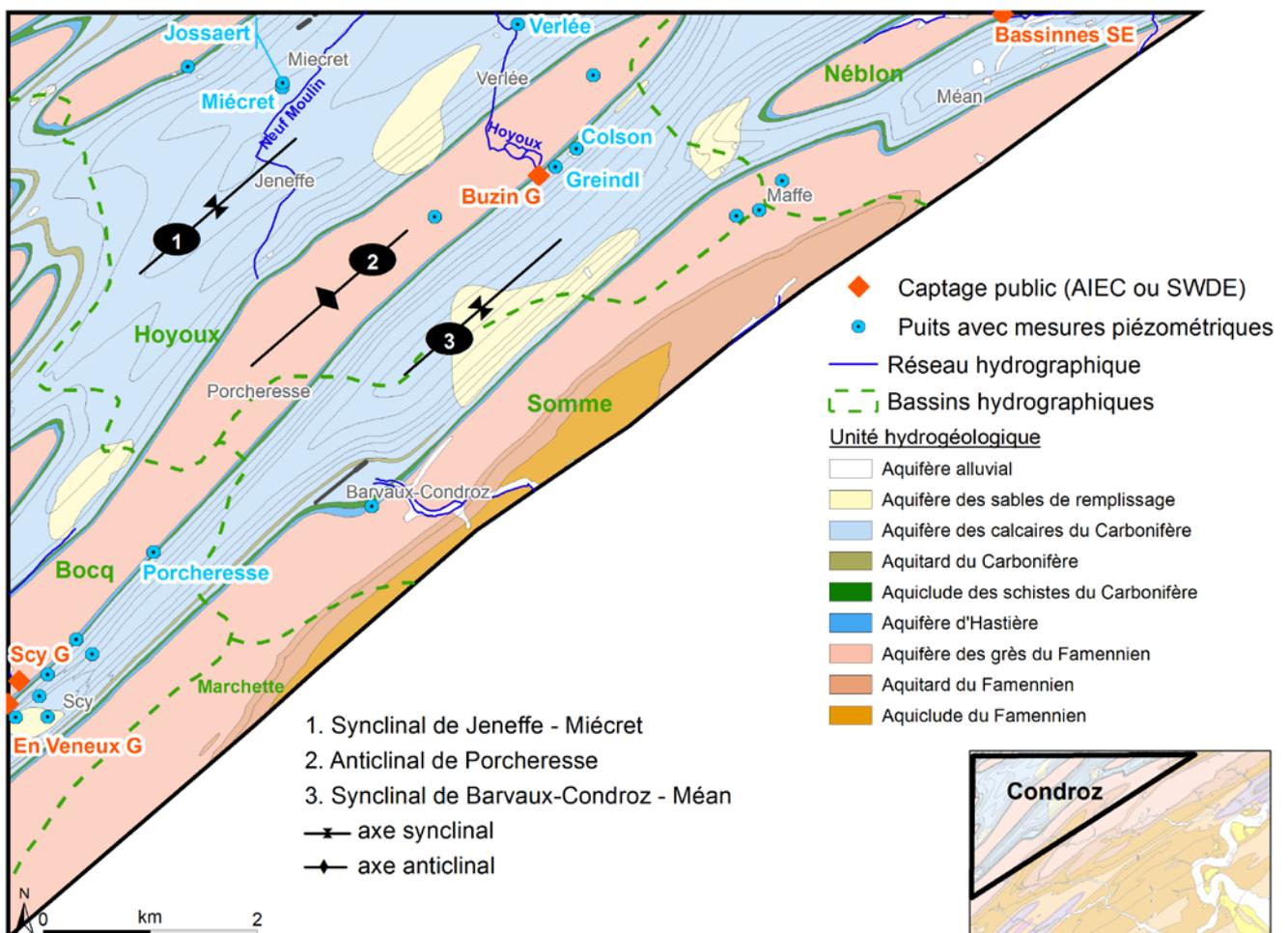


Figure IV.3: Condroz: contexte hydrogéologique – Maffe-Grandhan

Synclinal de Jeneffe – Miécret

Le synclinal de Jeneffe-Miécret constitue la branche méridionale du large synclinal calcaire de Clavier qui s'étend vers le nord (carte Modave-Clavier). Il occupe l'extrémité amont du bassin du Hoyoux (figure IV.3). L'aquifère logé dans les calcaires carbonifères est exploité par deux importants captages, à Havelange (situés sur le carte Modave-Clavier). La direction générale des écoulements souterrains est nord-est, avec un gradient moyen de 0,6 %. Le réseau hydrographique étant majoritairement perdant par rapport à la nappe (sujet abordé en détails dans les paragraphes suivants), il ne peut constituer l'exutoire de l'aquifère. Les eaux souterraines alimentant naturellement ce ruisseau sont interceptées par les prises d'eau d'Havelange. Ces principaux exutoires de la nappe sont donc ces deux captages présents à la limite nord du synclinal calcaire (Brouyère *et al*, 2009).

Pendant les années 2000, des mesures piézométriques ont été réalisées au droit de quelques puits privés (figure IV.4). Les puits 'Miécret' et 'Jossaert', distants de 50 m, sont situés en rive gauche du ruisseau de Neuf Moulin. Le puits foré 'Verlée' est localisé en rive droite du Hoyoux. Leur comportement piézométrique est très similaire. La période de basses eaux est aux mois d'octobre-novembre. Les hautes eaux ont lieu au printemps (mars-avril). Le battement de la nappe, sur la période d'observation, est compris entre 5 et 7 m. Une telle amplitude des variations piézométriques renseigne sur la position des puits, à savoir en tête de bassin (Brouyère *et al*, 2009). La réaction de la nappe à la recharge est assez rapide et le niveau piézométrique continue de monter pendant les mois d'hiver (figure IV.5).

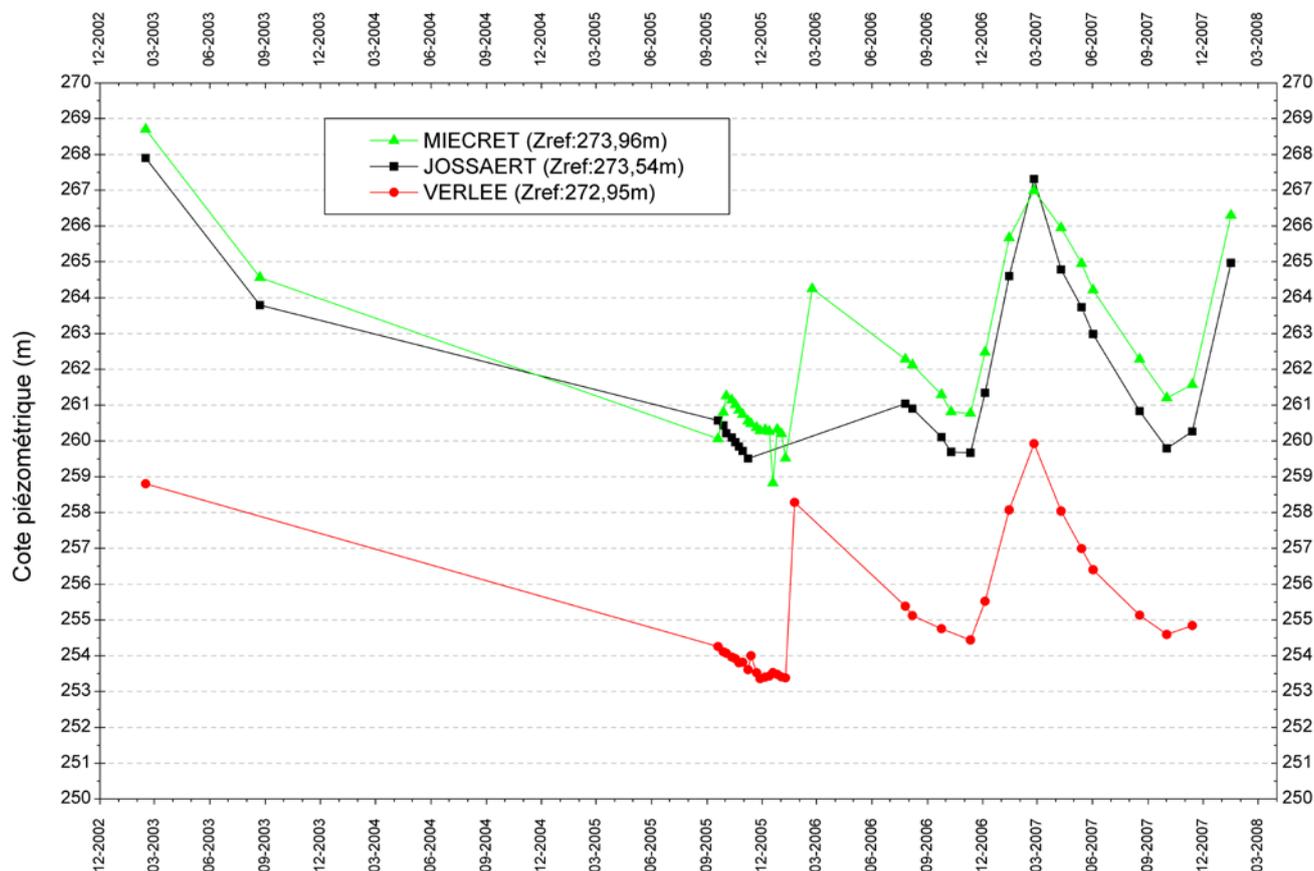


Figure IV.4: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires carbonifères - Synclinal de Jeneffe-Miécret

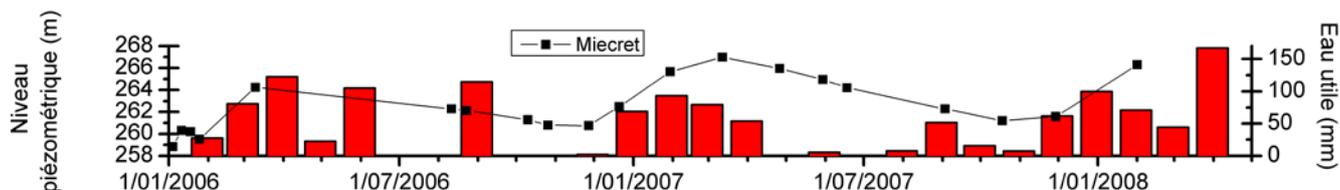


Figure IV.5: Mise en relation des fluctuations piézométriques mesurées avec l'eau utile (ruissellement + infiltration) mensuelle calculée (Puits Miécret, Synclinal de Clavier, Bassin du Hoyoux)(d'après Brouyère et al, 2009)

Synclinal de Barvaux-Condroz – Méan

Les eaux logées dans les calcaires du synclinal de Barvaux-Condroz – Méan sont drainées par les bassins du Bocq, de la Somme, du Hoyoux et du Néblon (figure IV.3). Dans la partie sud du synclinal, à Hamois, se trouvent les prises d'eau 'Scy' (SWDE) et 'En Veneux' (AIEC). Ces galeries ont été aménagées à partir de deux émergences, en 1913 et 1950, et ont, respectivement, 159 m et 43 m de longueur. Elles constituent, avec les sources du Bocq, des exutoires naturels de la nappe des calcaires carbonifères. Une étude hydrogéologique exhaustive a été réalisée sur ce site de captage dans le cadre de l'établissement des zones de prévention. La campagne de prospection géophysique a mis en évidence des axes de fracturation orientés WSW-ESE et WNW-ESE. L'épaisseur des terrains meubles a été estimée. Les limons, présents partout, ont une épaisseur moyenne de 2 à 4 m (avec localement 10 m). Les sables cénozoïques ne sont pas présents partout. Ces dépôts épars sont épais de quelques mètres à une vingtaine de mètres dans les paléokarsts (BCG, 2002). D'après les investigations menées sur le terrain (prospection géophysique, forages...), le tracé des formations géologiques du flanc nord du synclinal calcaire a été modifié par rapport au tracé de la carte géologique (ECOFOX, 2007b). La figure IV.6 est dessinée avec ces modifications. Ainsi, la galerie de Scy, orientée NE-SW, est creusée dans les calcaires de la Formation de Landelies (Hastarien). Son radier est à l'altitude de 280,5 m. La galerie 'En Veneux', de direction N-S, recoupe perpendiculairement les bancs calcaires de l'Ivorien. Son radier se situe approximativement à la cote 282,5 m.

Un bilan hydrologique sommaire a été réalisé au départ des données de la station météorologique de Ciney (tableau IV.2). Le paramètre 'Eau Utile' (ruissellement et infiltration) est calculé par la méthode de Thornthwaite. Une répartition égale entre ses deux composants est considérée. Ainsi, l'infiltration moyenne est approximativement de 150 mm/an (ECOFOX, 2007b).

Tableau IV.2: Paramètres 'Pluie, Ruissellement & Infiltration' du bilan hydrologique – Site 'Scy & En Veneux' (ECOFOX, 2007b)

Année	2003	2004	2005	2006	Jan-Avr 2007
Pluviométrie (mm)	826,3	914,2	848,3	938,8	415,8
Eau utile (Ruissellement + Infiltration)(mm)	253	355,5	282,1	377,5	141,6

Quatre puits de reconnaissance (PR) et deux piézomètres (Pz) ont été forés sur ce site de captage. Leur profondeur est comprise entre 15 et 44 m. Tous sont crépinés dans les calcaires du Carbonifère. Deux autres piézomètres courts (FS) ont été forés, entre la galerie Scy G1 et le Bocq, dans les terrains superficiels reposant sur les calcaires de la Formation de Landelies (figure IV.6).

stable d'une année à l'autre. Dans le piézomètre Pz2 et le forage PR3, l'eau se situe relativement proche de la surface topographique, à environ 3-5 m. Tandis que, dans les autres puits, le niveau d'eau se situe à plus de 10 m du sol (voire presque 30 m pour PR4).

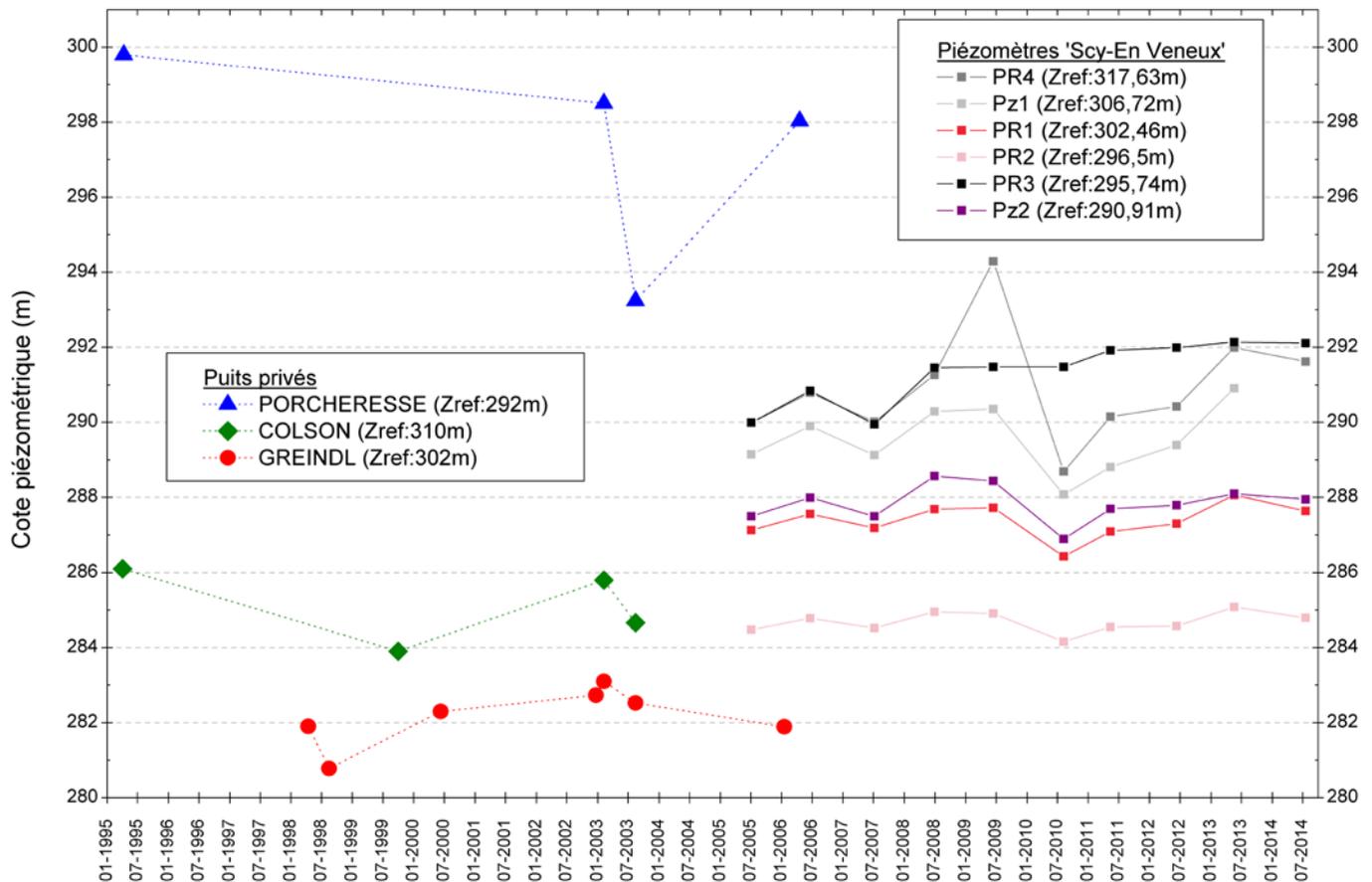


Figure IV.7: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires carbonifères - Synclinal de Barvaux-Condroz - Méan

Des essais de pompage ont été menés sur deux puits, PR2 et PR4 (SWDE, 2006). Il s'agit de tests à différents débits avec remontée en fin de test et suivi piézométrique dans les ouvrages voisins. La conductivité hydraulique calculée en PR2 est de 2×10^{-4} m/s. En PR4, elle vaut $3,8 \times 10^{-4}$ à 4×10^{-5} m/s. Aucune variation significative des niveaux piézométriques dans les ouvrages du site n'est observée. En mars 2007, un multitraçage a été réalisé (ECOFOX, 2007a). Des traceurs ont été injectés dans les ouvrages Pz1, Pz2, PR1, PR2 et PR4. Les galeries et le réseau hydrographique (Bocq et son affluent) ont été surveillés (échantillonneurs automatiques et charbons actifs). Une seule restitution a été mesurée aux captages. Le naphthionate, injecté en PR1, a été détecté à la prise d'eau 'En Veneux', 10h44 après l'injection. Cette première arrivée franche et rapide suggère un transport fortement influencé par des écoulements en milieu karstique. L'allure de la courbe de restitution montre une nette dissymétrie. L'un des charbons actifs placés dans l'affluent du Bocq atteste d'une restitution en uranine, injectée en Pz2. Les résultats de ces tests de pompage et de traçage sont détaillés dans le [chapitre VII](#) sur les paramètres hydrogéologiques.

Sur base de l'ensemble des données collectées, les zones d'alimentation des prises d'eau peuvent être estimées. *La galerie 'En Veneux' est principalement alimentée par le sud-est via les zones*

karstiques proches de Pr&, Pz& et PR4. Dans une moindre mesure, elle collecte également de l'eau qui s'écoule au sud-est de la Formation de Maurenne et dont une partie seulement alimente la prise d'eau 'Scy G1'. La galerie 'Scy G1' est principalement alimentée par la Formation de Landelies à la faveur d'écoulements parallèles à la direction des couches. Elle attire également au travers des calcschistes de Maurenne une partie des eaux qui se dirigent parallèlement aux couches géologiques vers la prise d'eau 'En Veneux'. Enfin, une très faible partie du débit capté à la galerie 'Scy G1' provient du Bocq, qui sur un court tronçon correspondant à la traversée de la Formation de Landelies, devient alimentant vis-à-vis de la nappe (ECOFOX, 2007b).

La partie centrale du synclinal est située en tête du bassin du Hoyoux (figure IV.3). A Buzin, l'eau captée par l'AIEC émerge d'un pan de massif rocheux sub-vertical, orienté NE-SW, visible sur une profondeur de 3 m et qui débouche sur une galerie captante. Cette prise d'eau, ainsi que les sources du Hoyoux, constituent des exutoires naturels de la nappe des calcaires carbonifères. Quelques mesures piézométriques, réalisées dans des puits privés, confirment cette direction de l'écoulement souterrain, en direction de la galerie. Ces relevés ne permettent, cependant, pas d'identifier pour ces puits, les périodes de basses eaux et de hautes eaux, le jeu de données disponibles étant trop faible (figure IV.7).

Dans le cadre de l'établissement des zones de prévention autour de la galerie de Buzin, prise d'eau de l'AIEC, une étude hydrogéologique a été menée (BCG, 2003a; 2003b; 2015). La campagne de prospection géophysique a permis, entre autres, de définir la position pour les forages de reconnaissance (figure IV.8). Le piézomètre Pz1 a été foré pour mieux situer la barre schisteuse de la Formation du Pont d'Arcole. Il atteint 16 m de profondeur. Il ne les a pas rencontrés, mais uniquement des calcaires de la Formation d'Hastière. Le niveau piézométrique mesuré après forage (22/08/2013) est situé à 1,4 m sous la surface du sol (soit à la cote 281,2 m). Il a, ensuite, été remblayé. Les piézomètres Pz2 et Pz3, profonds de 22 m et 44 m, sont implantés dans les calcaires, respectivement, de la Formation d'Yvoir et de la Formation de Longpré. Sur base des mesures effectuées en octobre 2013 et en avril 2014, la nappe logée dans les calcaires carbonifères, alimentant le captage, présente un gradient de 0,15 % vers le nord-ouest. La nappe est libre. Des essais de pompage (sept-oct 2013) et des tests de traçage (avril 2014) ont été réalisés sur les piézomètres (Pz2 et Pz3) et sur le puits privé 'Greindl'. Le résultat de ces investigations est détaillé dans le [chapitre VII](#) (Paramètres d'écoulement et de transport). Lors des pompages d'essai (par paliers enchaînés et de longue durée), la stabilisation des niveaux piézométriques est atteinte rapidement dans le puits de pompage, avec des rabattements faibles. La conductivité hydraulique calculée varie entre $3,75 \times 10^{-3}$ et $6,1 \times 10^{-4}$ m/s. Pour le Pz3 et le puits Greindl, les coefficients d'emmagasinement ont pu être déterminés. Ils varient entre 0,11 et 0,72 %. L'essai de traçage a consisté en l'injection de trois traceurs fluorescents différents dans ces mêmes ouvrages. L'arrivée des traceurs, injectés au Pz2 et au puits Greindl a été observée au captage. L'interprétation des résultats montre un type de transport tantôt de nature plus dispersive (Pz2), tantôt de nature plus advective (puits Greindl). Le traceur injecté au piézomètre Pz3 n'a pas été détecté au captage. Diverses causes peuvent être avancées, comme la distance au captage, l'importance du débit (dilution) ou encore une arrivée après la période d'observation (50 jours).

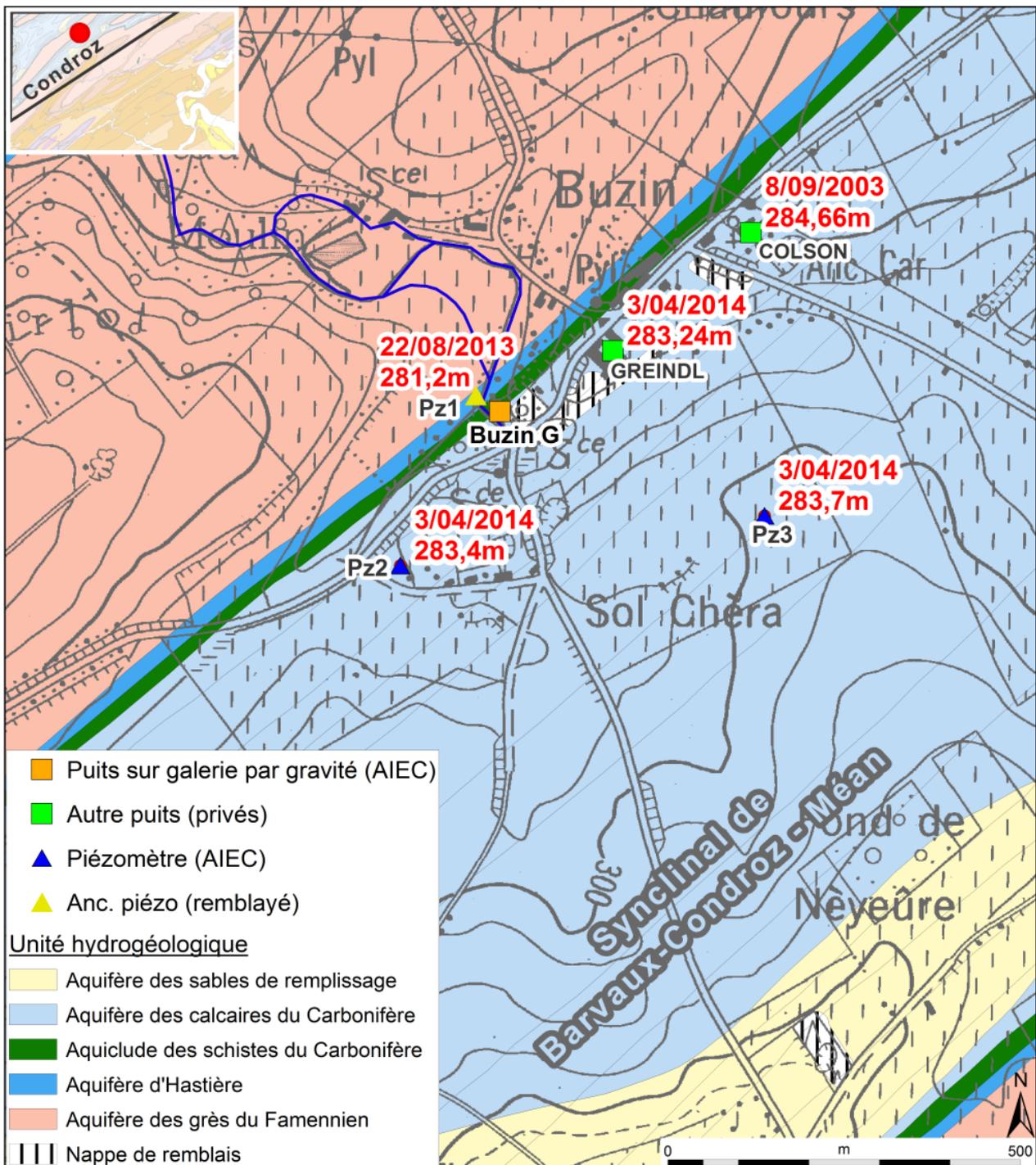


Figure IV.8: Contexte hydrogéologique et localisation des ouvrages souterrains du site de captage de Buzin (galerie et piézomètres) et des puits privés à proximité (synclinal de Barvaux-Condroz – Méan).

La branche nord-est du synclinal de Barvaux-Condroz - Méan fait partie de l'extrémité amont du bassin du Néblon. Dans cette zone, l'AIEC exploite *la source à l'émergence de Bassinnes* (figure IV.9). Lors de l'étude pour la détermination des zones de prévention autour du captage, divers mesures ont été effectuées sur le terrain (BCG, 2008; 2014a; 2014b). Deux campagnes de prospection géophysique ont été menées (en 2006, des traînés électriques et, en 2014 tomographies électriques). Leur objectif était de préciser la localisation des schistes de la Formation de Pont d'Arcole. Leur position au sud du captage de Bassinnes est, ainsi, confirmée

(infirmant les conclusions de l'étude préliminaire (BCG, 2008). En décembre 2007, un traçage a été réalisé au départ de la perte 'Al Tannerie' (Chantoir de Méan⁵). De l'uranine y a été injectée. Les points d'échantillonnage des traceurs sont, d'une part le captage de Bassinnes et, d'autre part, la résurgence de Bassine, située dans un bois à une soixantaine de mètres des étangs de Bassine. Le traceur a été détecté uniquement à la résurgence, dès le lendemain de l'injection (temps d'arrivée 20 h 23 min). Le traceur n'a, par contre, pas été détecté au captage (temps d'observation: 22 jours). Les résultats détaillés sont présentés au [chapitre VII](#). A noter que l'atlas du karst wallon indique une liaison karstique supposée entre la perte de Méan et la résurgence de Croix Bassine. Ce point n'ayant pas été surveillé lors de l'essai de traçage, cet écoulement karstique ne peut être ni validé, ni infirmé. Cependant, vu que le traceur n'est pas arrivé au captage, on peut supposer qu'il en sera de même à la résurgence de Croix Bassine. En effet, ce traçage met en évidence le caractère peu perméable de la Formation schisteuse de Pont d'Arcole (PDA). La source de Bassinnes n'est pas alimentée par les eaux s'infiltrant dans le réseau karstique de Méan et donc l'aquifère des calcaires du Carbonifère du synclinal de Barvaux-Condroz – Méan. Le bassin d'alimentation de ce captage se développe vers le nord et le nord-est, dans l'aquifère calcaire d'Hastière et dans l'aquifère des grès du Famennien. Au sud-ouest, le ruisseau de l'Abîme ferme le bassin d'alimentation de ce captage à l'émergence (limite aval). Au sud, la barrière hydrogéologique est constituée par le ruisseau lui-même et par l'aquiclude des schistes du Carbonifère (PDA). Pendant toute la durée de l'essai de traçage, la turbidité et la température ont été mesurées par le fluorimètre immergé dans le captage de Bassinnes. Une nette augmentation de la turbidité a été observée au captage suite à de fortes précipitations, les jours précédents. Cette observation indique un lien direct entre précipitations et eaux souterraines. Les eaux de pluie s'infiltrèrent rapidement vers la nappe.

⁵ La perte de Méan, intermittente, reçoit les eaux du ru du Fond des Préalles. Ce petit vallon, sec une partie de l'année, récolte l'eau issue de trois venues d'eau diffuses temporaires situées en limite du plateau, sur les grès famenniens.

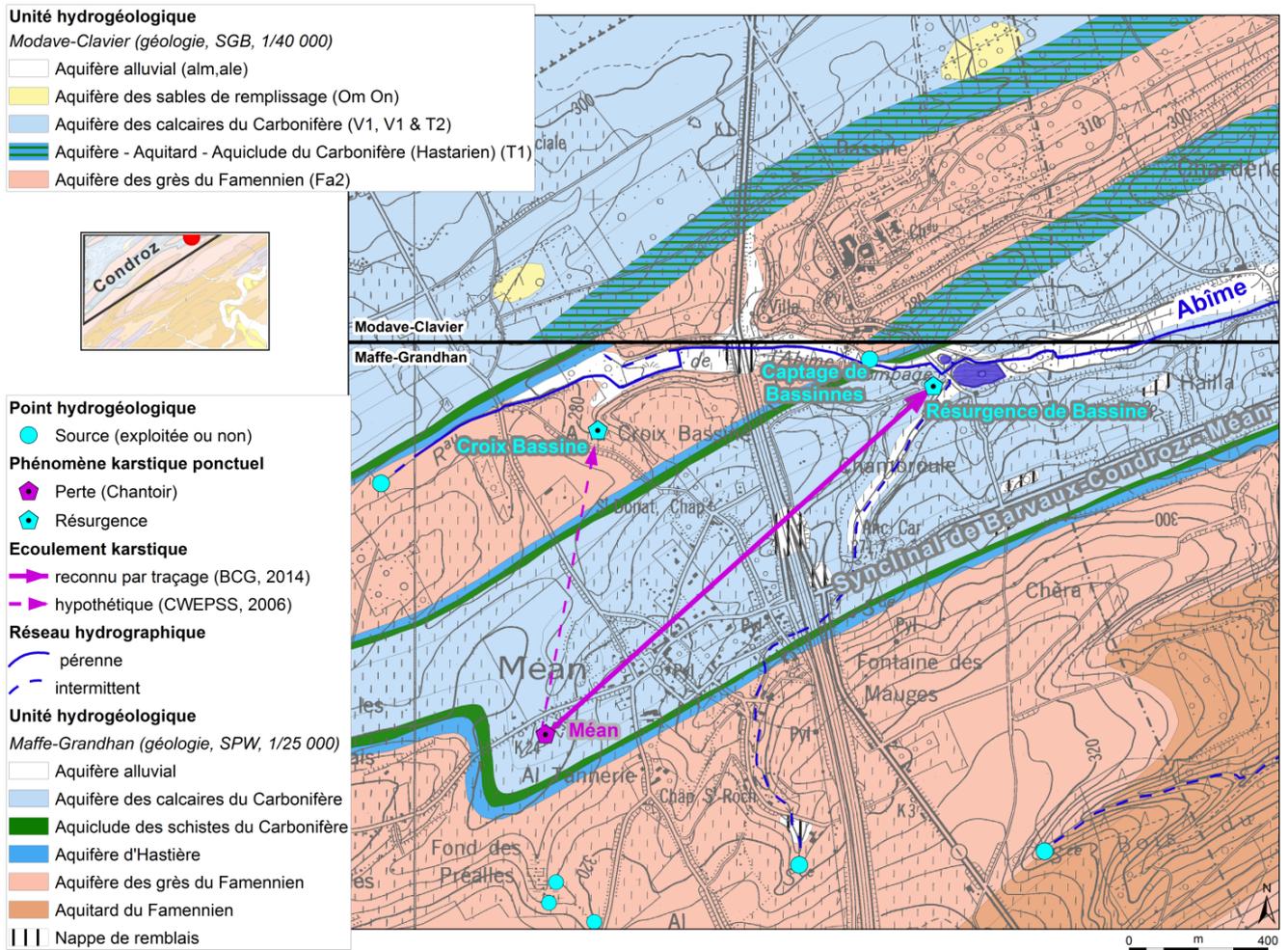


Figure IV.9: Contexte hydrogéologique et karstique autour de la source de Bassinnes (Synclinal de Barvaux-Condroz - Méan) – Cartes Maffe-Grandhan & Modave-Clavier

Anticlinaux gréseux 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 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. Comparés aux aquifères calcaires du Condroz, les aquifères gréseux de la carte Maffe-Grandhan présentent un faible intérêt du point de vue de la ressource en eau souterraine. Dès

lors, très peu de données sont disponibles pour les caractériser. Quelques niveaux d'eau mesurés dans des puits privés sont repris sur la carte principale du poster. Ils indiquent que le niveau piézométrique de la nappe des grès est supérieur à celui observé dans la nappe des calcaires.

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.

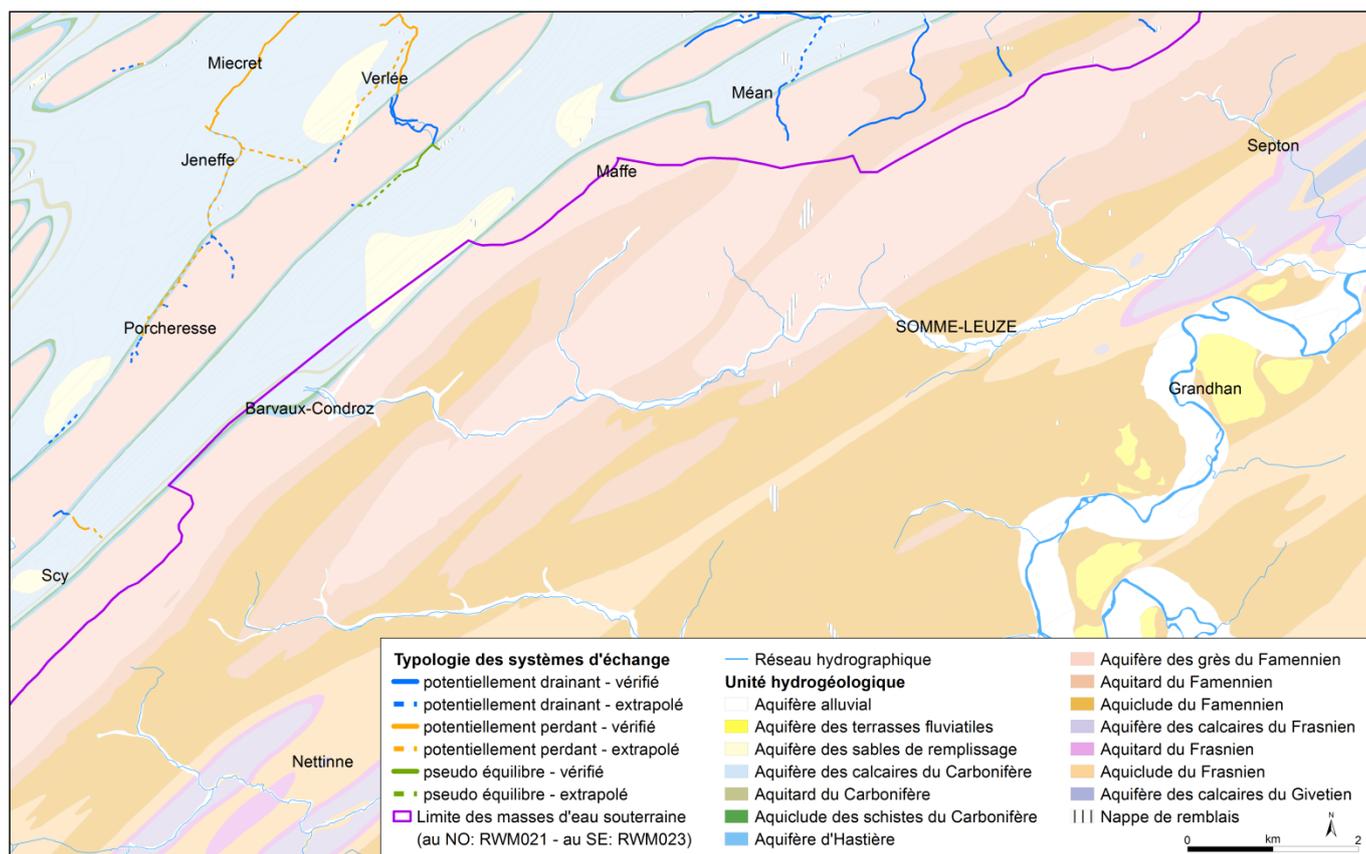


Figure IV.10: Interactions entre eaux de surface et eaux souterraines - MESO RWM021 sur la carte Maffe-Grandhan (d'après Brouyère *et al.*, 2009)

Un quart de la carte, seulement, est couvert par l'étude de la relation entre les eaux souterraines et les eaux de surface (figure IV.10). Les cours d'eau s'écoulant sur les calcaires du Carbonifère sont généralement perdants. Les ruisseaux prennent leurs sources sur les formations moins perméables du Dévonien (schistes et grès) où ils sont considérés comme drainants. Ensuite ils se perdent au droit des terrains calcaires.

Modélisation hydrogéologique régionale

La masse d'eau souterraine RWM021 a fait l'objet d'une modélisation régionale sur base des données collectées lors de la phase de caractérisation hydrogéologique du projet "Synclin'Eau" (Leroy *et al.*, 2011). Quelques résultats pertinents sont présentés ci-après. La figure IV.11 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.11 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.

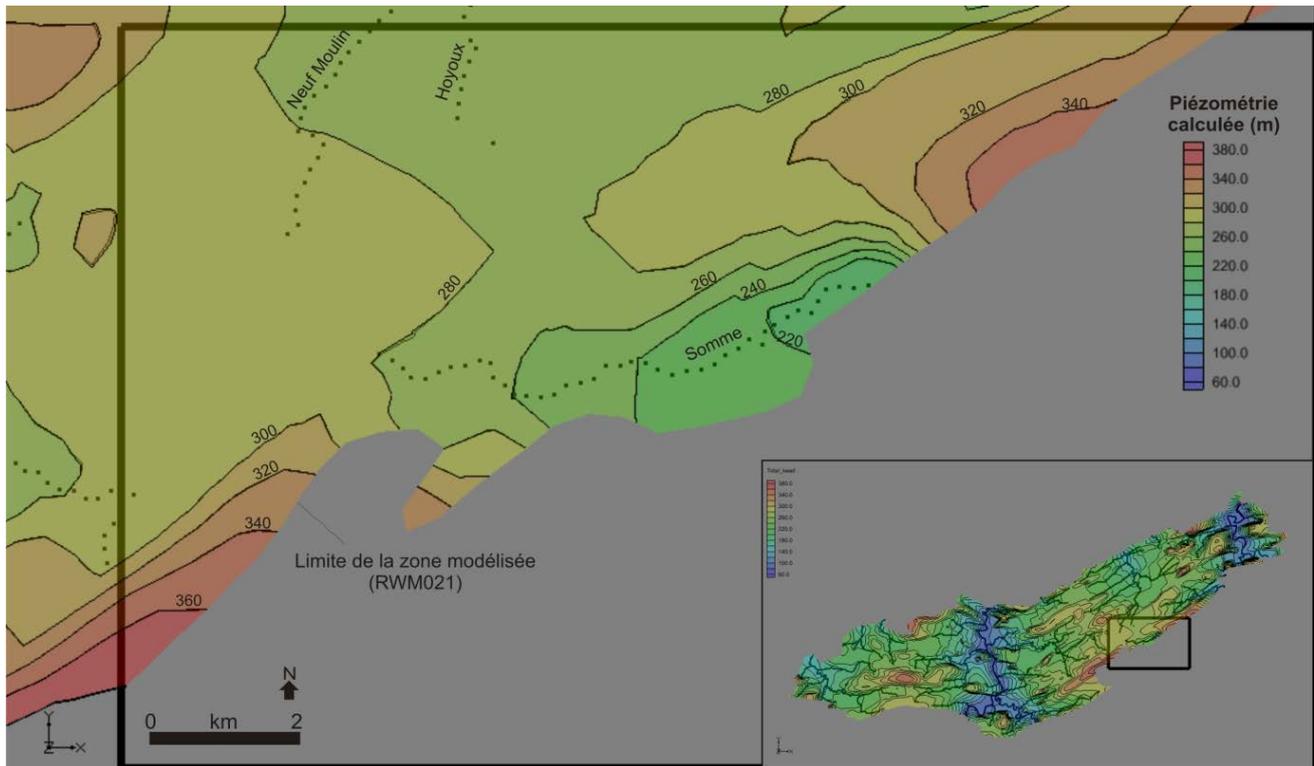


Figure IV.11: Piézométrie calculée (résultats du modèle calibré, à l'échelle régionale, pour l'année 2006, d'après Leroy et al, 2010)

Phénomènes karstiques

Sur la carte Maffe-Grandhan, quelques phénomènes karstiques sont mentionnés au sein des calcaires carbonifères (CWEPS, 1996 & 2006). Le système karstique de Méan a été abordé ci-dessus (voir le paragraphe sur la source à l'émergence de Bassinnes). Quelques dépôts cénozoïques comblant des dépressions affectant les calcaires (paléokarsts) sont les témoins d'une ancienne karstification. D'un point de vue hydrogéologique, ces dépôts sablo-argileux ont de faibles capacités aquifères car d'extension limitée et de composition assez hétérogène.

IV.2.2. La transition Condroz-Famenne

La zone de transition Condroz-Famenne s'étire du sud-ouest au nord-est sur une largeur comprise entre 1200 et 3000 m. Elle est incluse dans le bassin-versant de l'Ourthe via les sous-bassins de la Somme et de la Marchette. Cette entité hydrogéologique est composée des unités schisto-gréseuses du Dévonien supérieur (figure IV.12):

- l'aquifère des grès du Famennien
- l'aquitard du Famennien
- les aquicludes du Famennien et du Frasnien

Environ un tiers des ouvrages souterrains recensés sur la carte Maffe-Grandhan sont localisés dans cette zone, dont deux captages publics (Chevenièrre et Borlon). Ces prises d'eau gravitaire

(drain et galerie) appartiennent à la SWDE. Elles exploitent la nappe logée dans la frange altérée de l'aquifère gréseux.

La galerie drainante de Borlon (nom complet '*Bois de Borlon*') est longue de 5,6 m, précédée d'une galerie d'accès. Elle est située dans un bassin-versant forestier et agricole. Environ 1 km vers l'est, se trouve une réserve naturelle 'Natura 2000'. Les eaux de surface s'écoulent vers le sud-est, en direction du ruisseau de l'Eau du Fond du Bois (bassin de l'Ourthe). La galerie draine la nappe logée dans l'aquifère gréseux du Famennien. Aucune étude hydrogéologique approfondie n'a été réalisée. Les zones de prévention ont été délimitées sur base des distances forfaitaires adaptées aux contextes géographique et géologique. Un bilan hydrologique sommaire a établi que le bassin hydrogéologique, alimentant ce captage, doit être nettement plus étendu que le bassin hydrographique (environ 9,5 ha). Cette déduction est basée sur la comparaison entre le volume prélevé au captage et la lame d'eau précipitée (SWDE, 2005).

Concernant la prise d'eau de *Chevenière* à Somme-Leuze, très peu d'informations sont disponibles. Ce site est composé de trois drains dont un seul est utilisé (les deux autres sont désaffectés). Long de 21 m, il sollicite la nappe logée dans le manteau d'altération de l'aquifère gréseux du Famennien. Ce captage est situé dans le bassin de la Somme (bassin de l'Ourthe). A ce jour, aucune étude hydrogéologique n'a été réalisée afin de mieux connaître le contexte hydrogéologique du captage.

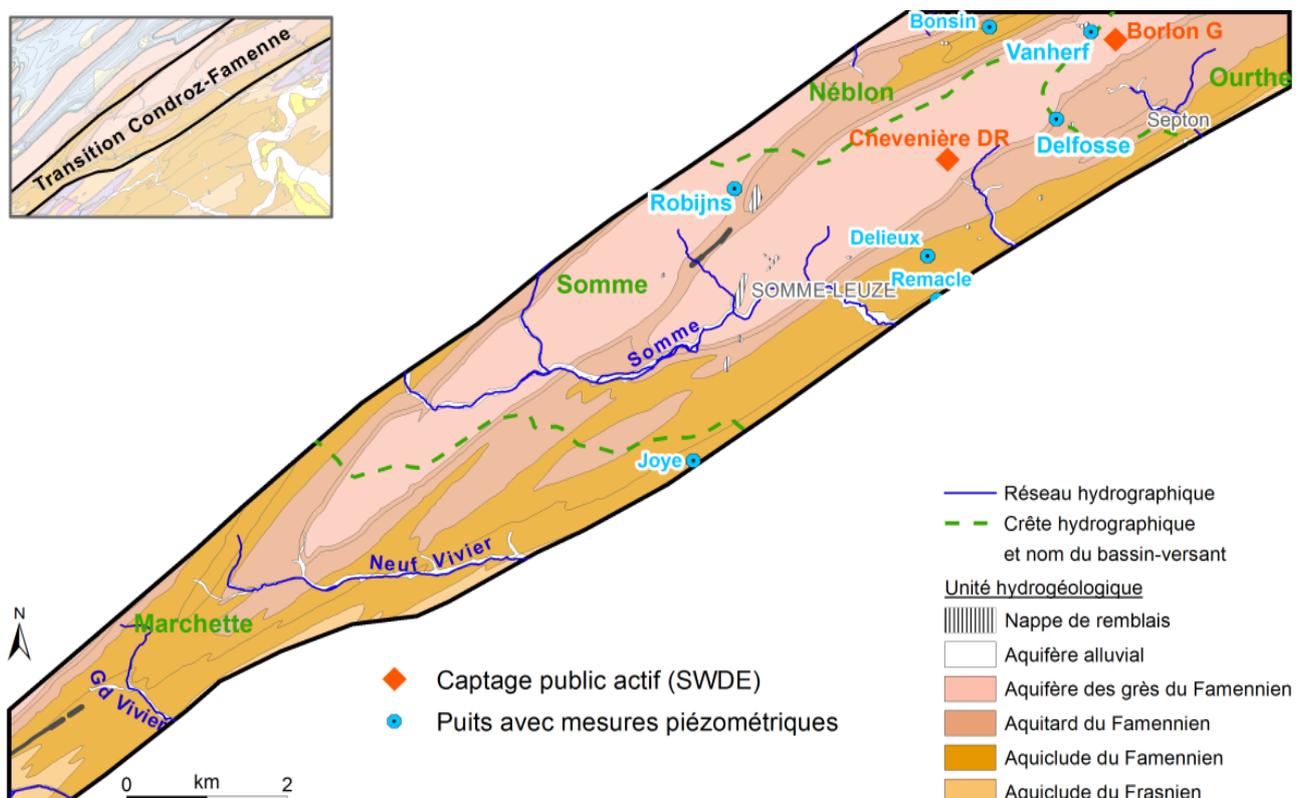


Figure IV.12: Transition Condroz-Famenne: contexte hydrogéologique – Maffe-Grandhan

Très peu de mesures piézométriques sont disponibles au droit de cette entité hydrogéologique. Généralement, dans les terrains schisto-gréseux, la nappe logée dans le manteau superficiel est subaffleurante et on peut considérer que sa surface piézométrique est plus ou moins parallèle à la

surface topographique. Le niveau piézométrique de la nappe logée dans les horizons gréseux fracturés est, en général, plus profond. Cependant, ponctuellement, selon les conditions hydrogéologiques locales, le niveau d'eau dans un puits peut être assez proche du sol, si le forage a recoupé un ou des horizons aquifères mis sous pression par les terrains surincombants. Quelques niveaux d'eau ont été relevés au droit de puits privés implantés dans cette zone de transition Condroz-Famenne (figure IV.12 & tableau IV.3). Sur ces 7 puits, un seul est un puits traditionnel, peu profond. Ce puits sollicite donc la nappe logée dans la partie altérée de l'aquifère. Les autres ouvrages sont des puits forés de profondeur variable (de 28 à 81 m), sollicitant les horizons fracturés. Les niveaux d'eau y sont généralement plus bas. On observe, cependant, qu'au puits 'Bonsin', le niveau piézométrique est proche de la surface topographique, témoignant d'une nappe captive (ou semi-captive) en ce lieu. Au droit de quelques puits, le niveau d'eau a été mesuré plusieurs fois au cours de l'année 2003 (figure IV.13). D'après ces données, le niveau piézométrique serait relativement stable. Cette hypothèse reste, néanmoins, à valider avec des chroniques piézométriques plus longues.

Tableau IV.3: Puits avec mesure piézométrique - Transition Condroz-Famenne

Nom	Type de puits	Profondeur du puits (m)	Dernière mesure piézométrique disponible		
			Date	Cote (m)	Profondeur de l'eau (m)
Bonsin	foré	52	27/07/2006	292,2	3,47
Vanherf	foré	28	10/09/2003	307,2	17,84
Delfosse	foré	60	08/09/2003	257,3	24,7
Robijns	foré	80	08/09/2003	314,9	25,12
Delieux	traditionnel	4	27/07/2006	230,6	1,94
Remacle	foré	40	12/04/2006	173,1	13,21
Joye	foré	81	27/07/2006	230,9	11,81

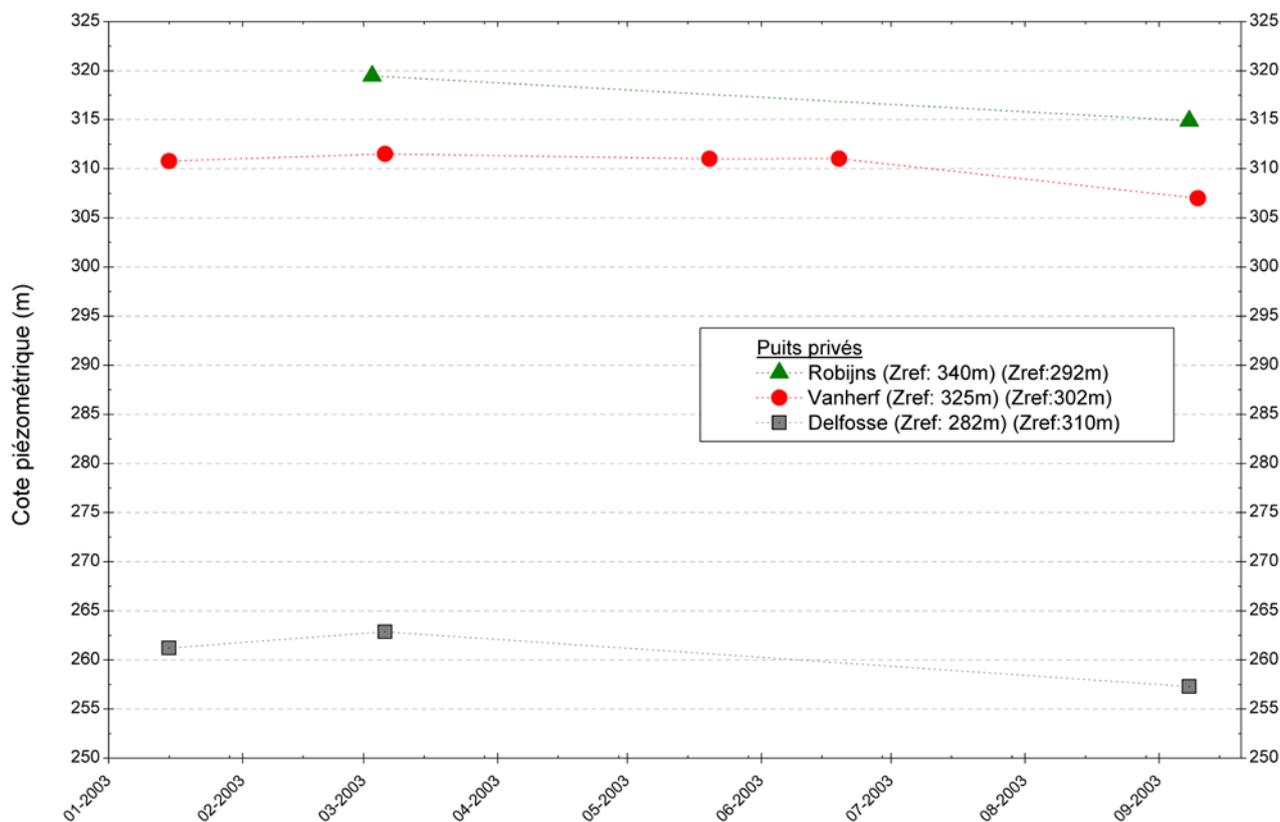


Figure IV.13: Fluctuations piézométriques de trois puits de la zone de transition Condroz-Famenne

IV.2.3. La bande discontinue Philippeville-Durbuy

La bande anticlinoriale discontinue Philippeville-Durbuy traverse plusieurs sous-bassins-versants, ceux de la Marchette et de la Somme, appartenant au bassin hydrographique de l'Ourthe (figure IV.14). Sur la carte Maffe-Grandhan, trois unités hydrogéologiques représentent cet anticlinorium:

- l'aquifère des calcaires du Frasnien;
- l'aquitard du Frasnien;
- l'aquifère des calcaires du Givetien.

Cette entité hydrogéologique est ceinturée par l'aquiclude du Frasnien (Formations des Valisettes et de Barvaux). Dans la partie nord-est de la bande, les aquifères calcaires sont séparés par un horizon aquiclude frasnien (Formations du Pont de la Folle et de Nismes). D'après les données recensées, ces aquifères ne sont pas exploités sur la carte Maffe-Grandhan. Aucune donnée piézométrique n'est disponible.

Une cinquantaine de phénomènes karstiques sont répertoriés au droit de la bande discontinue Philippeville-Durbuy sur la carte Maffe-Grandhan (CWE PSS, 1996). Ils sont essentiellement situés dans la partie sud-ouest de l'entité (figure IV.14). Dans la région de Nettinne, de vastes champs de dolines, des abris-sous-roche et des cavités sont observés. Dans la vallée du Grand Vivier, se situe la résurgence de Nettinne. Aucune liaison karstique n'a été mise en évidence entre un ou des points d'infiltration et cette résurgence. Dans l'anticlinal méridional, quelques chantoirs et résurgences sont identifiés. Les liaisons karstiques d'une part entre Warfosse et Pierreux, et d'autre part entre Ry d'Heure et Fosse, n'ont pas été confirmés par un essai de traçage.

Dans la région de Septon, quelques cavités sont recensées. Certaines sont fréquentées par les spéléologues. Le ruisseau du Fond des Bois se perd, presque totalement, à son arrivée sur les formations calcaires (Pertes de l'Eau du Fond des Bois). Plusieurs pertes diffuses sont observées entre les gros blocs de calcaire dans le lit du ruisseau. Aucun test de traçage n'a été réalisé au départ de cette perte. Cependant, il est probable que les eaux infiltrées ressortent au droit de résurgences situées sur la carte voisine à l'est (55/1)(résurgences de la Bonne Fontaine et de la Grotte de St-André).

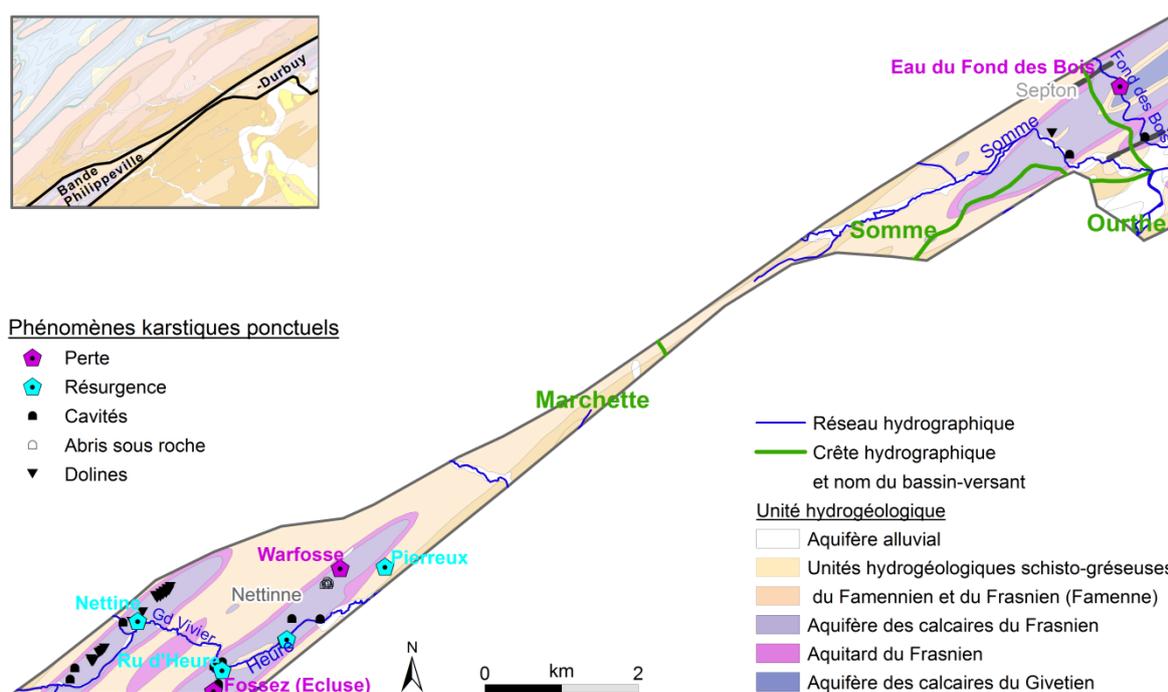


Figure IV.14: Bande discontinue Philippeville-Durbuy: contexte hydrogéologique et phénomènes karstiques – Maffe-Grandhan

IV.2.4. La dépression de la Famenne

Quoique cette entité hydrogéologique soit qualifiée d'aquiclude (Aquicludes du Famennien et du Frasnien), il existe des potentialités aquifères localisées dans les horizons plus gréseux et dans les niveaux de calcaires argileux. Deux types de nappes sont distingués dans ces terrains à dominance argilo-silteuse: la nappe d'altération du sommet et la nappe des fissures en profondeur. L'importance de la première est liée au taux d'altération différentielle des schistes, shales et siltites ainsi que des grès et grès carbonatés. Les grès s'altérant en sables peuvent contenir un aquifère intéressant. Par contre, les schistes, qui s'altèrent en argile, sont très peu perméables. Sur ces terrains pénéplanés, l'épaisseur de cette frange altérée peut varier, généralement, de quelques mètres à une vingtaine de mètres. La seconde résulte de la phase tectonique hercynienne induisant un taux de fissuration élevé. Ceci est particulièrement intéressant dans les niveaux gréseux et dans une moindre mesure dans les horizons silteux, moins perméables.

Environ 40 % des prises d'eau répertoriées sur la carte Maffe-Grandhan sont situées dans cette entité hydrogéologique. Il s'agit essentiellement de puits privés (usage agricole et/ou usage domestique). L'AIEC exploite cette ressource en eau souterrain, à Moressée, via une galerie drainante.

La Famenne occupe la moitié de la carte Maffe-Grandhan (figure IV.15). Cette entité hydrogéologique est drainée par l'Heure, par la Marchette et par l'Ourthe (exutoire principal). La forêt ainsi que le camp militaire de Marche occupent environ la moitié de la superficie de cette zone ([Chapitre II](#) – Paragraphe traitant de l'occupation du sol).

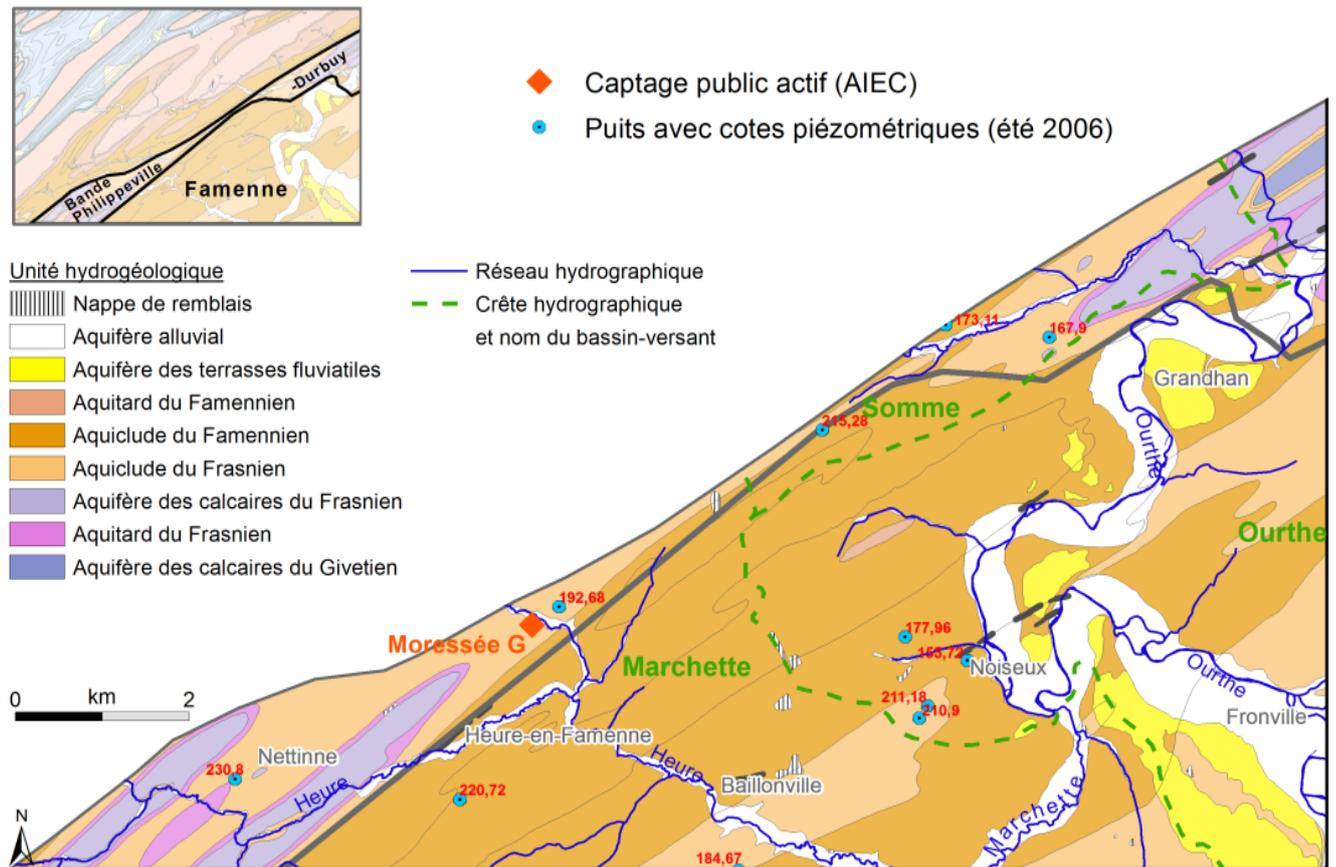


Figure IV.15: Dépression de la Famenne: contexte hydrogéologique – Maffe-Grandhan

Peu de données piézométriques sont disponibles dans l'entité hydrogéologique de la Famenne, en raison, essentiellement du manque d'accessibilité des puits. Quelques mesures ont été réalisées au printemps-été 2006, à l'occasion de la première version de cette carte hydrogéologique (figure IV.15, tableau IV.4, poster A0). On rencontre deux niveaux piézométriques moyens:

- Profondeur d'eau faible et donc niveau piézométrique proche de la surface topographique. Ceci correspond à des ouvrages de faible profondeur, généralement des puits traditionnels, exploitant la nappe logée dans le manteau d'altération. Ainsi, généralement, la nappe logée dans le manteau superficiel est subaffleurante et on peut considérer que sa surface piézométrique est plus ou moins parallèle à la surface topographique.
- Profondeur d'eau grande et donc niveau piézométrique plus bas. Cela correspond à des puits plus profonds (puits forés) qui sollicitent la nappe profonde logée dans les horizons fissurés. Cependant, au sein de cette seconde catégorie, ponctuellement, selon les conditions hydrogéologiques locales, le niveau d'eau se trouve être assez proche du sol. Ceci se présente lorsque le forage a recoupé un ou des horizons aquifères mis sous pression par les terrains surincombants.

Tableau IV.4: Puits avec mesure piézométrique – Dépression de la Famenne

Nom	Type de puits	Profondeur du puits (m)	Date	Profondeur de l'eau (m)	Cote piézométrique (m)
P-André	traditionnel	7	27/07/2006	1,14	211,18
P-Laval	traditionnel	6	27/07/2006	2,14	177,96
P-Quoibion	traditionnel	7	28/07/2006	1,24	210,9
P-Mouton	traditionnel	?	27/07/2006	1,19	203,8
P-Septon	traditionnel	3	28/07/2006	1,12	155,72
P-Selder	traditionnel	3,9	27/07/2006	2,28	215,28
P-Remacle	foré	40	12/04/2006	13,21	173,11
P-Sparmont	foré	47	17/04/2006	7,11	167,9
P-Jardinierie	foré	40	27/07/2006	7,82	192,68
P-Leboutte	foré	63	27/07/2006	21,63	220,72
P-Jottard	foré	45	06/04/2006	9,8	184,67

Le captage de Moressée est situé dans le vallon de Neuf Vivier (affluent de l'Heure). Cette galerie, de 20 m de long, est taillée à faible profondeur dans l'aquiclude schisteux du Frasnien (Formations des Valisettes et de Barvaux)(figure IV.16).

L'étude géologique et géophysique a permis de mieux définir le cadre lithologique et structural de la zone du captage (BCG, 2003c/d). Le captage est situé sur le flanc sud, schisteux, d'un anticlinal centré sur les calcaires frasniens (figure IV.16). Les schistes comportent une composante gréseuse ou calcaire parfois importante. L'épaisseur de la zone altérée et fracturée des schistes frasniens est estimée entre 5 et 15 m selon les endroits. Les calcaires ont localement été accrochés par les sondages électriques à une profondeur comprise entre 4 et 15 m (parfois cette profondeur d'accrochage est plus élevée, entre 23 et 27 m). Les terrains superficiels meubles, de nature argileuse, présentent une épaisseur variable (de 0,5 à 2 m). Couplée à l'analyse des photos aériennes et des cartes topographiques, la campagne géophysique a montré de nombreux linéaments (axes de fracturation). Le captage exploite donc une nappe située à faible profondeur et dont l'épaisseur semble assez limitée.

Un pluviomètre a équipé le site sur une courte période de 15 jours (30 avril à 15 mai 2004)(BCG, 2004). Le débit à la galerie a été suivi manuellement deux fois par jour sur cette même période. La comparaison de ces deux séries de mesure n'a pas montré de relation entre la pluie et le débit à la galerie. L'intervalle de temps entre deux mesures du débit (trop grand, sans doute) ainsi que la très courte durée de la période d'observation sont très certainement des facteurs explicatifs de ce résultat. La surface d'alimentation du captage a été déterminée sur base d'une infiltration considérée égale à 200 mm/an et d'un débit total (production et trop-plein) de l'ordre de 225 000 m³/an. Elle est de 112,5 ha.

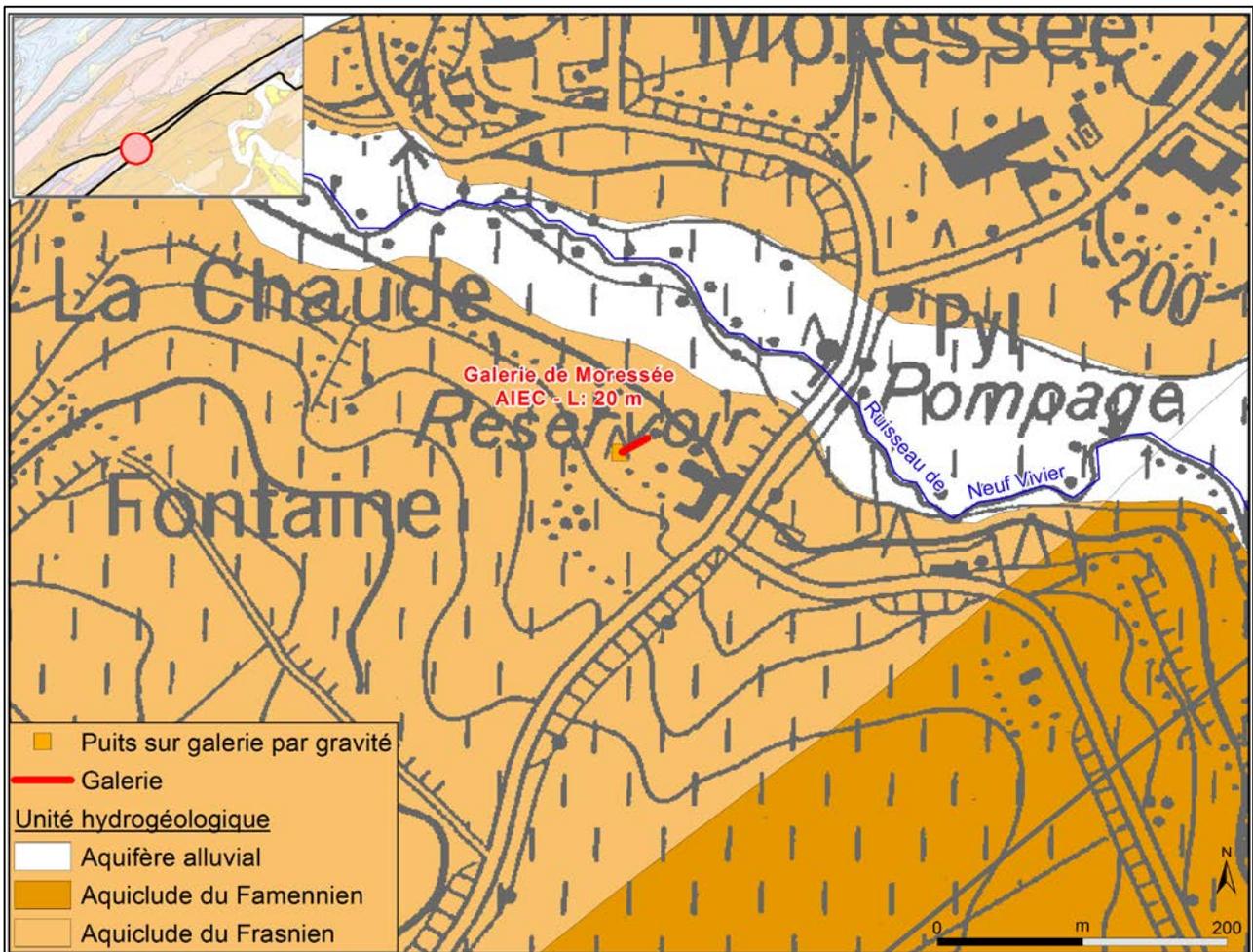


Figure IV.16: Localisation du captage de Moressée (galerie drainante de l'AIEC)

IV.2.5. Coupes hydrogéologiques

La coupe, orientée approximativement NW-SE, traverse les localités de Verlée, Maffe et Noisoux. Elle est située essentiellement dans le bassin-versant de l'Ourthe, via les rivières de La Sommet et de La Marchette. Le quart nord-ouest de la coupe appartient au bassin-versant du Hoyoux, cours d'eau qui prend sa source sur la carte Maffe-Grandhan. Excepté les unités hydrogéologiques calcaires du Dévonien, toutes les unités hydrogéologiques du Paléozoïque présentes sur la carte Maffe-Grandhan 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 1/5000 pour la coupe hydrogéologique. Ce facteur d'exagération des hauteurs (X5) permet une meilleure visibilité du niveau piézométrique, reporté sur cette coupe. Cette coupe est basée sur la carte géologique de Maffe-Grandhan (Barchy et Marion, 2008). Quelques niveaux piézométriques, situés à proximité de l'axe de la coupe, y sont reportés, ainsi que le tracé hypothétique de la surface piézométrique.

La coupe traverse trois entités hydrogéologiques:

- le Condroz avec ses unités hydrogéologiques calcaires du Carbonifère et gréseuses du Famennien.
- la transition Condroz-Famenne avec les unités schisto-gréseuses du Famennien.
- la Famenne avec les aquicludes du Famennien et du Frasnien.

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 schisto-gréseux. Ces derniers niveaux piézométriques sont, généralement, très proches de la surface topographique. Dans les puits profonds, cela signifie qu'ils captent, très certainement, la nappe logée dans les horizons profonds fracturés (nappe sous pression). Dans les puits peu profonds, c'est la nappe superficielle logée dans le manteau d'altération qui est captée. Les niveaux d'eau mesurés dans l'aquifère des calcaires du Carbonifère reflètent le caractère plus perméable de cette unité hydrogéologique. Le tracé supposé de la surface piézométrique dans la partie 'Condroz' de la coupe indique que les eaux souterraines sont dirigées vers le cœur du synclinal calcaire avec la nappe logée dans l'anticlinal gréseux s'y déversant. Au passage de l'aquiclude schisteux du Carbonifère (Formation de Pont d'Arcole), un seuil hydrogéologique se marque dans la piézométrie.

IV.2.6. Caractère des nappes

Le caractère des nappes rencontrées est spécifié : nappe libre, nappe semi-captive (semi-libre) ou nappe captive. Cette détermination est basée sur le contexte géologique et hydrogéologique régional. Sur la carte Maffe-Grandhan, 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 sont souvent considérées comme semi-captives. En effet, dans ces terrains, la nappe peut se retrouver en charge sous les couches plus argileuses (shales, siltites, phyllades, argile d'altération). Cette information est cartographiée sur la carte thématique traitant des informations complémentaires et du caractère des nappes.

IV.2.7. Piézométrie de la carte Maffe-Grandhan

Les données piézométriques disponibles sont peu nombreuses pour les unités hydrogéologiques de la carte Maffe-Grandhan. Elles concernent un nombre limité d'ouvrages (± 40). On note aussi le peu de données historiques. Le contexte hydrogéologique relativement complexe de la région ajoute à la difficulté de tracer des isopièzes. Ainsi, des cotes ponctuelles, avec la date de prise de la mesure, sont reportées sur la carte principale (1/25 000).

A défaut d'une couverture piézométrique complète permettant de détailler le sens de l'écoulement souterrain, le niveau de la nappe ou encore le gradient piézométrique, seules des considérations générales peuvent être émises. Le réseau hydrographique pérenne constitue, en général, l'exutoire des nappes aquifères (drainage), indiquant ainsi le sens global de l'écoulement des eaux souterraines. L'Ourthe constitue le niveau de base des aquifères de la région qu'elle recoupe.

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, 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.

V. CADRE HYDROCHIMIQUE

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

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

Sur la carte Maffe-Grandhan, plusieurs carrières (calcaires, dolomies, grès ou 'psammites du Condroz'...) et sablières ont jadis été exploitées dans le Condroz et dans l'Anticlinorium de Philippeville-Durbuy. Dans la région d'Heure-en-Famenne, quelques mines (fer, zinc, plomb) ont aussi été ouvertes. 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 (DGARNE et DGATLPE). Depuis 1998, la DGARNE a mis en place un réseau de contrôle des centres d'enfouissement technique. Ce réseau est géré par l'ISSeP. Des informations sont disponibles via le portail Web du Service Public de Wallonie: <http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/>. La SPAQuE a inventorié les sites potentiellement contaminés en Wallonie. Ils sont répertoriés dans une banque de données, WALSOLS, consultable sur <http://www.walsols.be/>. Sur la carte Maffe-Grandhan, un seul site est répertorié dans cette base de données. Il s'agit d'un ancien dépôt de pneus, situé à Maffe sur la commune d'Havelange (code: Nr2105-001). Ces déchets ont été enlevés.

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, deux 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

L'état global DCE de ces masses d'eau (2009) est synthétisé dans le tableau V.1. Pour ces masses d'eau, le paramètre 'nitrates' est classé comme 'moyen'. Pour la masse d'eau RWM021, l'altération 'Pesticides' est classée également comme à un niveau 'moyen'. Ainsi ces deux

paramètres sont à surveiller pour RWM021, tout comme les interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines, et l'impact du secteur carrier (D GARNE-DESO et Protectis-Cellule DCE, 2010). Sur le territoire de la carte Maffe-Grandhan, on compte 4 points du réseau de surveillance.

- Masse d'eau RWM021: En Veneux (AIEC), 54/3/4/002
- Masse d'eau RWM023: Chevenière (SWDE), 54/4/2/001; Moressée (AEIC), 54/3/9/001; P-Fronville (Ponsard), 54/4/9/002

Tableau V.1: Etat des masses d'eau souterraines de la carte Maffe-Grandhan

MESO	Etat global	Etat chimique	Etat quantitatif	Paramètre déclassant
RWM021	Bon	Bon	Bon	Aucun
RWM023	Bon	Bon	Bon	Aucun

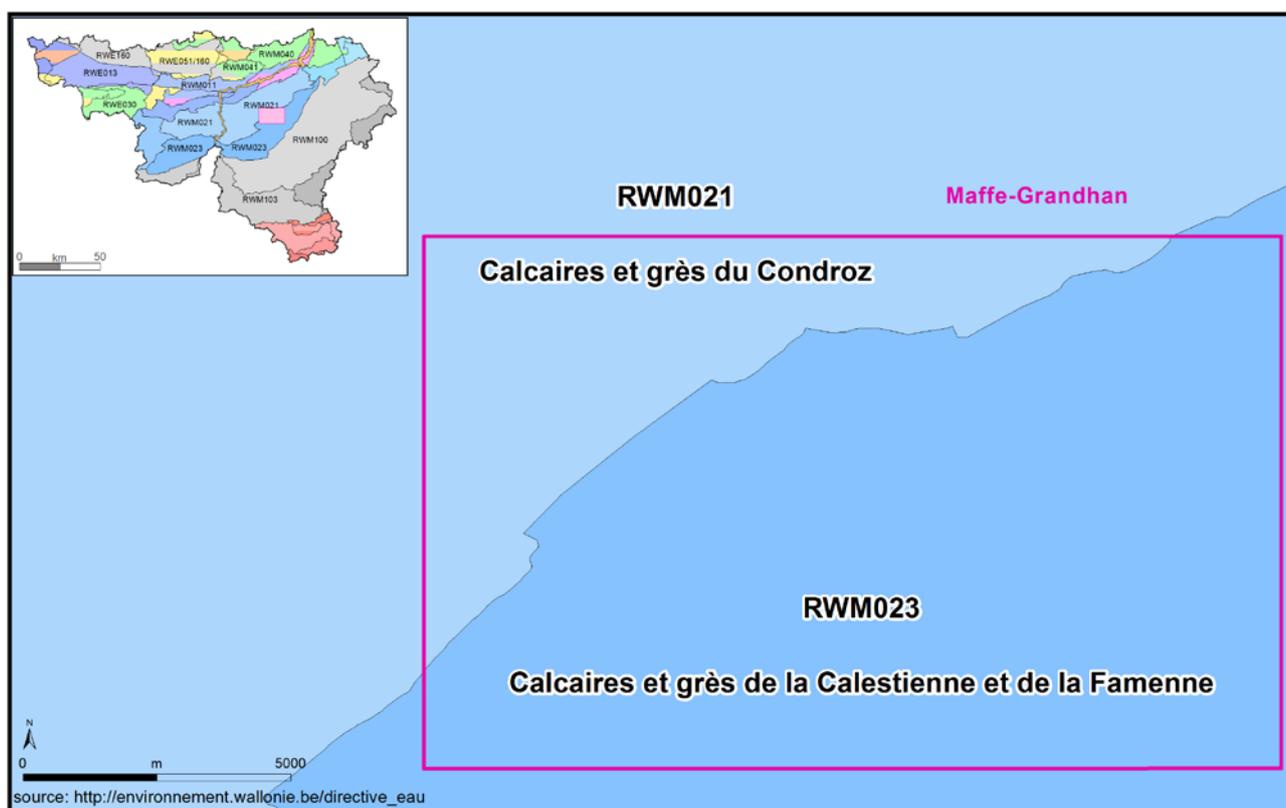


Figure V.1: Masses d'eau souterraine – Maffe-Grandhan

V.1. CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

Les analyses disponibles pour définir le faciès hydrochimique des eaux logées dans les terrains de la carte Maffe-Grandhan sont essentiellement issues des captages destinés à la distribution publique d'eau potable et de la campagne de terrain réalisée lors de la première version de la carte (2006). Quelques analyses proviennent du réseau de surveillance qualitative du SPW. Cependant, toutes les unités hydrogéologiques de la carte étudiée ne pourront être caractérisées hydrochimiquement. Afin de compléter les données hydrochimiques issues d'échantillons de prises d'eau localisées sur la carte Maffe-Grandhan, 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 pour la zone de cette masse d'eau présente sur la carte étudiée.

V.1.1. Le Condroz

Les eaux des calcaires carbonifères de la région de Maffe-Grandhan 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 s'établissent aux alentours de 30 mg/l, excepté pour la galerie de Scy. Ce point sera repris dans le chapitre suivant. Quelques analyses de captages publics et de puits privés sont reprises dans le tableau V.2.

Tableau V.2: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère – Condroz - Maffe-Grandhan

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Scy SWDE (galerie)	En Veneux AIEC (galerie)	Porcheresse (puits foré)	Buzin AIEC (galerie)	P-Buzin (puits foré)	P-Miécret (puits foré)	Bassinnes AIEC (source)	Calcaires carbonifères du bassin de Dinant (Aq02)
		Code de l'Eau	08/10/2014	12/03/2014	03/03/2003	12/03/2014	06/03/2006	18/06/2007	12/03/2014	1994-2000
pH		6,5 à 9,5	7,9	7,46	7,59	7,35	7,39	8,17	7,3	7,4
Conductivité (K20)	µS/cm	2100	438	546	757	526	307	551,2	550	590
Dureté totale (TH)	°F	67,5	26,2	31,3	43,1	31,1	26,8	32,2	30,2	33,2
Alcalinité totale (TAC)	°F	-	21,6	-	38,5	-	20,8	25,1	-	-
Calcium	mg/l	270*	78,4	95,6	154,1	97,6	85,2	95,4	105,9	107
Magnésium	mg/l	50*	16	18	11,14	16,4	13,4	20,4	9,2	16,6
Sodium	mg/l	150	6	6,1	10,1	5,5	6,6	5,8	11,1	11
Potassium	mg/l	12	1	1,5	14,9	1,3	2,9	1,1	1,8	2,31
Bicarbonates	mg/l	-	-	-	467	-	253	301	-	324,1
Strontium	µg/l	750**	117,3	-	-	-	-	-	-	120
Fer total dissous	µg/l	200*	39	<20	-	<20	7	46	22	17
Manganèse	µg/l	50*	30,5	<5	<30	1,4	<5	3	1,5	3
Sulfates	mg/l	250*	29	31,5	23,3	26,6	27,4	26,2	24,2	40,9
Chlorures	mg/l	200	15	17	29,8	13,3	16,5	19,4	27,3	32,1
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	0,05	0,06	-	0,087	-	-	0,025	0,11
Nitrates	mg/l	50	0,1	24,2	31,6	22,53	29,03	31,6	38,26	23,4
Nitrites	mg/l	0,1	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05 (03/03)	<0,05	<0,05	<0,01
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05 (03/03)	<0,05	<0,05	0,01
Silice (SiO ₂)	mg/l	-	6,63	-	7,9	-	7	6	-	9,4

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

SPW-DGO3,
2014

L'aquifère logé dans les grès famenniens du Condroz est caractérisé par une eau moyennement minéralisée (localement fortement) et un pH basique (tableau V.3). Les teneurs, parfois importantes, du calcium, du magnésium et du bicarbonate peuvent être dues au ciment carbonaté et/ou dolomitique présent dans les grès. Les teneurs en nitrates, sulfates et chlorures ne sont pas négligeables (pollution anthropique).

Tableau V.3: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des grès du Famennien – Condroz - Maffe-Grandhan

Élément	Unité	Niveau-guide RW	P-Hastir (puits foré)	P-Chantraine (puits foré)	P-Ramelot (puits foré)	P-Marot (puits foré)	Massif schisto-gréseux du bassin de Dinant (Aq11)
		Code de l'Eau	03/03/2003	03/03/2003	03/03/2003	06/02/2006	1994-2000
pH		6,5 à 9,5	8,01	7,89	7,86	7,7	7,3
Conductivité (K20)	µS/cm	2100	583,7	404,1	740	606	443
Dureté totale (TH)	°F	67,5	29,9	22,5	37,2	30,9	22,1
Alcalinité totale (TAC)	°F	-	14,1	19,9	18	17	-
Calcium	mg/l	270*	89,1	66,8	117,2	96	65,7
Magnésium	mg/l	50*	18,6	14,2	19,23	16,32	11,9
Sodium	mg/l	150	18,1	9,45	19,4	16,8	9,1
Potassium	mg/l	12	2,38	1,38	2,3	1,44	1,82
Bicarbonates	mg/l	-	179,5	240,5	217,6	206	185,1
Strontium	µg/l	750**	-	-	-	-	102
Fer total dissous	µg/l	200*	-	-	-	33	71
Manganèse	µg/l	50*	<30	<30	<30	12	41
Sulfates	mg/l	250*	49,5	28,3	40,8	47,8	31,6
Chlorures	mg/l	200	76,4	11,03	104,9	60,8	23,1
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	-	-	-	-	0,07
Nitrates	mg/l	50	29,5	7,14	57,71	54,05	26,5
Nitrites	mg/l	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05 (03/03)	0,01
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,05	<0,05	<0,05	0,33 (03/03)	0
Silice (SiO ₂)	mg/l	-	12,7	18,4	17,7	18,9	13,2
* norme de potabilité à défaut de valeur-guide - ** selon la Directive européenne							SPW-DGO3, 2014

V.1.2. La transition Condroz-Famenne

La zone de transition Condroz-Famenne comprend les trois unités hydrogéologiques du Famennien. Le tableau V.4 présente quelques analyses de différents ouvrages sollicitant ces unités hydrogéologiques. Certains échantillons d'eau présentent des concentrations en calcium, magnésium ou bicarbonates élevées, dues à la présence d'un ciment calcaire dans les grès. Les teneurs en nitrates sont importantes ainsi que celles en chlorures et en sulfates (bien que nettement sous la norme de potabilité).

Tableau V.4: Caractéristiques hydrochimiques des unités hydrogéologiques du Famennien de la transition Condroz-Famenne – Maffe-Grandhan

Unités hydrogéologiques du Famennien			Aquifère des grès				Aquitard	Aquiclude	Massif schisto-gréseux du bassin de Dinant (Aq11)
Elément	Unité	Niveau-guide RW	Chevenière SWDE (drain)	Bois de Borlon SWDE (galerie)	P-Vanherf (Sur le Tige) (puits foré)	P-Robijns (puits foré)	P-Delfosse (puits foré)	P-Bonsin (puits foré)	
		Code de l'Eau	17/04/2014	14/04/2014	03/02/2006	06/03/2006	15/01/2003	05/03/2003	1994-2000
pH		6,5 à 9,5	7,8	7,8	7,37	7,89	7,73	7,62	7,3
Conductivité (K20)	µS/cm	2100	427	302	250	434	636	569	443
Dureté totale (TH)	°F	67,5	24,6	16	11,4	32,7	34,9	31,1	22,1
Alcalinité totale (TAC)	°F	-	14,8	9,2	6,7	21,2	26	19,4	-
Calcium	mg/l	270*	85	53,5	36,2	82,4	128	110,6	65,7
Magnésium	mg/l	50*	8,1	6,5	5,61	29,45	7,1	8,45	11,9
Sodium	mg/l	150	7	6,6	8,1	9,26	8,7	12,3	9,1
Potassium	mg/l	12	1	0,9	0,92	4,48	0,9	2,36	1,82
Bicarbonates	mg/l	-	-	-	81,5	256	315	235	185,1
Strontium	µg/l	750**	167	106,1	-	-	-	-	102
Fer total dissous	µg/l	200*	56	34	21	20	-	-	71
Manganèse	µg/l	50*	2,8	<0,25	<5	<5	<30	<30	41
Sulfates	mg/l	250*	29,2	30,7	8,76	33,9	32,3	48,7	31,6
Chlorures	mg/l	200	33,1	15,7	22,5	30,98	32,1	42,9	23,1
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	0,06	0,1	-	-	-	-	0,07
Nitrates	mg/l	50	33,3	30,5	34,5	73,9	33,9	36,3	26,5
Nitrites	mg/l	0,1	<0,01	<0,01	<0,2 (09/03)	<0,05(03/03)	<0,05	<0,05	0,01
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,01	<0,01	0,103 (09/03)	<0,05(03/03)	0,73	0,71	0
Silice (SiO ₂)	mg/l	-	13,7	13,5	17,8	8,5	10	7,6	13,2
* norme de potabilité à défaut de valeur-guide - ** selon la Directive européenne									SPW-DGO3, 2014

V.1.3. La bande Philippeville-Durbuy

A défaut de données hydrochimiques relatives aux unités hydrogéologiques composant la bande anticlinale discontinue Philippeville-Durbuy, la caractérisation de l'état hydrochimique de l'aquifère des calcaires dévoniens du bassin de Dinant (Aq12) est présentée dans le tableau V.5, à titre informatif. Cet aquifère est le principal de la bande Philippeville-Durbuy. 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).

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.

Tableau V.5: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires dévoniens du bassin de Dinant (Aq12)(SPW-DGO3, 2014)

Élément	Unité	Niveau-guide RW	Calcaires dévoniens du bassin de Dinant (Aq12)
		Code de l'Eau	1994-2000
pH		6,5 à 9,5	7,3
Conductivité (K20)	μS/cm	2100	599
Dureté totale (TH)	°F	67,5	32,6
Alcalinité totale (TAC)	°F	-	-
Calcium	mg/l	270*	112,1
Magnésium	mg/l	50*	12,7
Sodium	mg/l	150	10
Potassium	mg/l	12	1,86
Bicarbonates	mg/l	-	306,8
Strontium	μg/l	750**	192
Fer total dissous	μg/l	200*	27
Manganèse	μg/l	50*	2
Sulfates	mg/l	250*	39,9
Chlorures	mg/l	200	28,3
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	0,07
Nitrates	mg/l	50	31,1
Nitrites	mg/l	0,1	0
Ammonium	mg/l	0,5*	0
Silice (SiO ₂)	mg/l	-	8,6
* norme de potabilité à défaut de valeur-guide ** selon la Directive européenne			SPW-DGO3, 2014

V.1.4. La dépression de la Famenne

Les eaux des terrains schisto-gréseux de la dépression de la Famenne présentent, en général, une minéralisation moyenne avec un pH généralement basique. La conductivité et la dureté plus élevées dans les échantillons issus de l'aquiclude du Frasnien sont très probablement dues à la présence de nodules calcaires à la base de la Formation des Valisettes. Les résultats de quelques analyses sont présentés dans le tableau V.6. A titre indicatif, la composition moyenne pour les eaux issues du massif schisto-gréseux du Synclinorium de Dinant y est aussi proposée.

Tableau V.6: Caractéristiques hydrochimiques des aquicludes du Famennien et du Frasnien – Dépression de la Famenne – Maffe-Grandhan

Unité hydrogéologique			Aquiclude du Famennien		Aquiclude du Frasnien		Massif schisto-gréseux du bassin de Dinant (Aq11)
Élément	Unité	Niveau-guide RW	P-Dessous la ville (puits foré)	P-Leboutte (puits foré)	P-Fronville (Ponsard) (puits foré)	Moressée AIEC (galerie)	
		Code de l'Eau	06/03/06	06/03/06	19/03/2013	12/03/2014	1994-2000
pH		6,5 à 9,5	7,89	7,19	6,17 (7,48 19/10/09)	7,59	7,3
Conductivité (K20)	µS/cm	2100	354	264	594	567	443
Dureté totale (TH)	°F	67,5	19,1	11,5	30,6	34	22,1
Alcalinité totale (TAC)	°F	-	19,2	7,2	26,7	-	-
Calcium	mg/l	270*	50,4	35	91	110,6	65,7
Magnésium	mg/l	50*	15,76	6,63	19	15,4	11,9
Sodium	mg/l	150	30,77	10,24	25	6,3	9,1
Potassium	mg/l	12	3,4	2,64	1,4	1,3	1,82
Bicarbonates	mg/l	-	232	87,6	-	-	185,1
Strontium	µg/l	750**	-	-	609	-	102
Fer total dissous	µg/l	200*	8	149	8,9 (19/10/09)	45	71
Manganèse	µg/l	50*	4	33	300 (207 19/10/09)	0,2	41
Sulfates	mg/l	250*	30,88	17,82	35	32,4	31,6
Chlorures	mg/l	200	21,48	22,04	37	15	23,1
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	-	-	0,12	0,055	0,07
Nitrates	mg/l	50	1,54	21,32	13,5	15,76	26,5
Nitrites	mg/l	0,1	-	-	<0,05	<0,05	0,01
Ammonium	mg/l	0,5*	-	-	<0,05	<0,05	0
Silice (SiO ₂)	mg/l	-	17	7,6	11	-	13,2
* norme de potabilité à défaut de valeur-guide ** selon la Directive européenne							SPW-DGO3, 2014

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". Pour plus d'informations, voir www.nitrawal.be.

Le territoire couvert par la carte Maffe-Grandhan est presque entièrement 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).

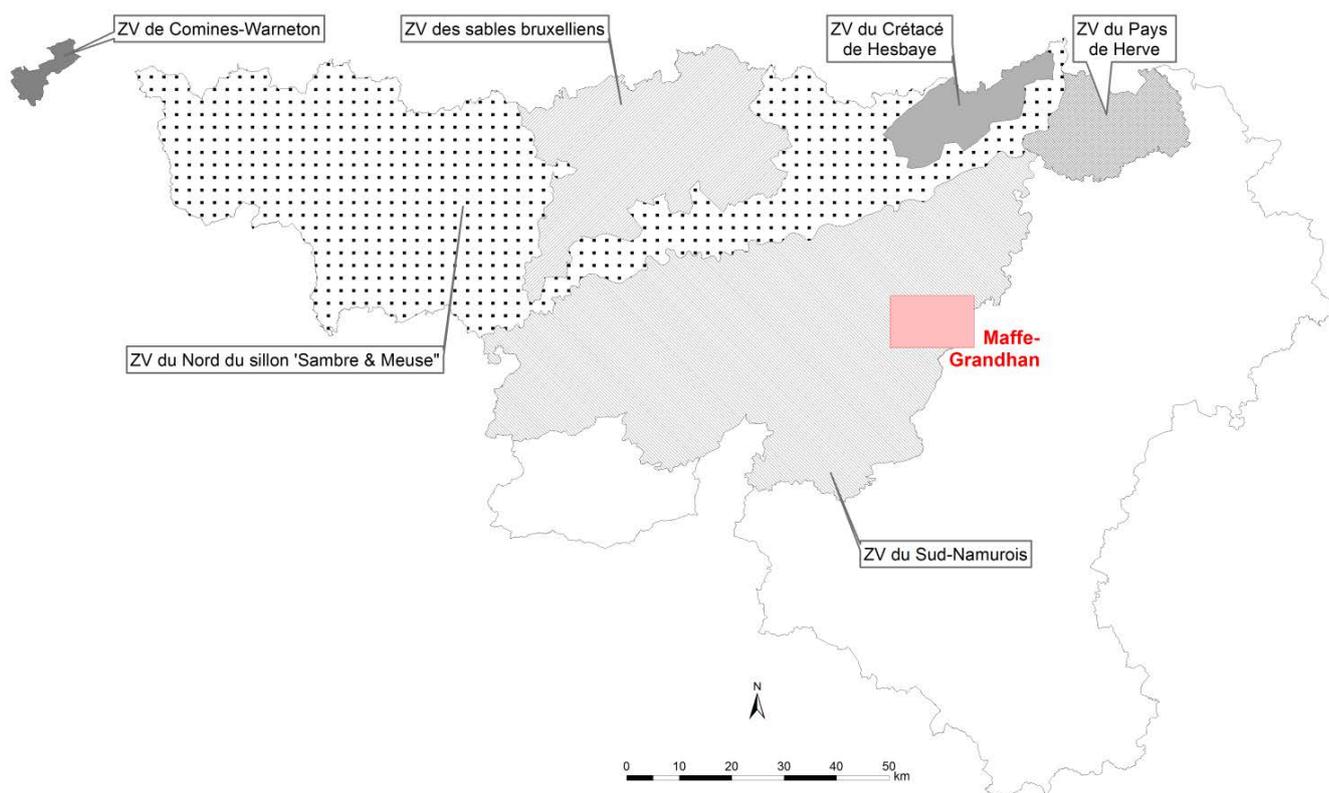


Figure V.2: Zones vulnérables aux nitrates – Maffe-Grandhan

Depuis plusieurs années, les compagnies de distribution d'eau et l'administration wallonne surveillent de manière très régulière les concentrations en nitrates de plusieurs différents 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 Maffe-Grandhan.

D'après les données disponibles, les concentrations en nitrates des eaux souterraines de la carte étudiée ne dépassent pas les normes de potabilité. Les figures suivantes présentent l'évolution des concentrations en nitrates au cours du temps au droit de quelques ouvrages de prise d'eau publics (SWDE & AIEC). Tous ces captages fonctionnent par gravité (source, drain et galerie).

En général, sur la carte Maffe-Grandhan, les teneurs en nitrates dans les eaux issues des calcaires carbonifères (Condroz) oscillent autour de 25 mg/l (figure V.3). Une nette augmentation est, cependant, observée à la source 'Bassinnes' où depuis 2007 la concentration moyenne en nitrates est de l'ordre de 40 mg/l. Les teneurs mesurées à la galerie captante de Scy ont fortement chuté dès 2009 et présentent, depuis, une certaine cyclicité. En l'absence de données complémentaires, on ne peut dresser que le constat sans l'expliquer. De plus, les teneurs en nitrates mesurées à la galerie 'En Veneux', située à 240 m au sud-ouest, ne présentent pas ce profil.

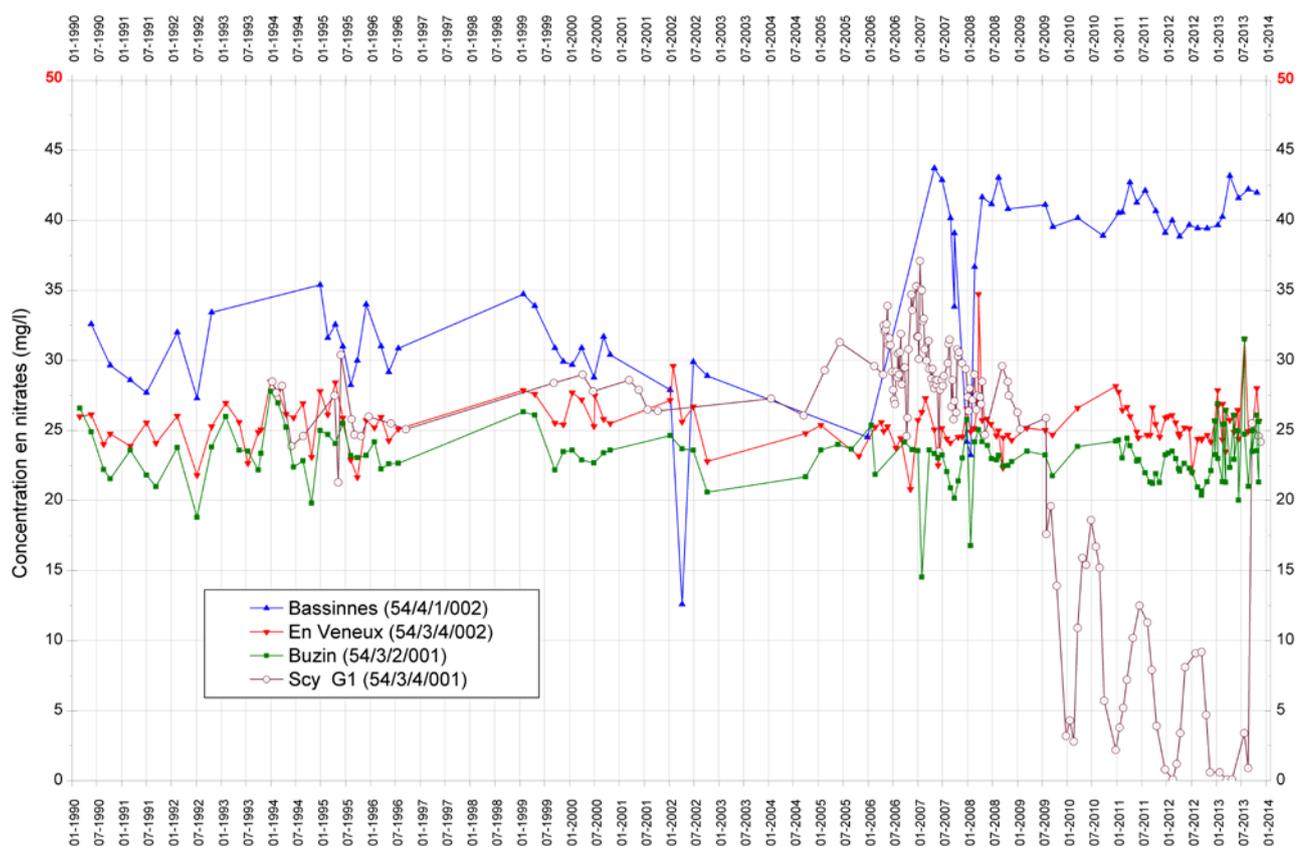


Figure V.3: Evolution des concentrations en nitrates dans les eaux captées sur la carte Maffe-Grandhan – Aquifère de calcaires du Carbonifère – RWM021

Sur la figure V.4, sont repris les historiques de concentration en nitrates de quelques ouvrages sollicitant les eaux logées dans les unités hydrogéologiques du Famennien. Les teneurs observées dans l'aquifère des grès du Famennien (Bois de Borlon et Chevenière) s'élèvent à environ 30 mg/l NO_3 . Par contre, celles mesurées à la galerie 'Moressée', qui draine l'aquiclude du Frasnien, sont plus basses, de l'ordre de 10 mg/l NO_3 . Néanmoins, quelques pics plus importants sont observés pouvant correspondre à des contaminations temporaires et locales.

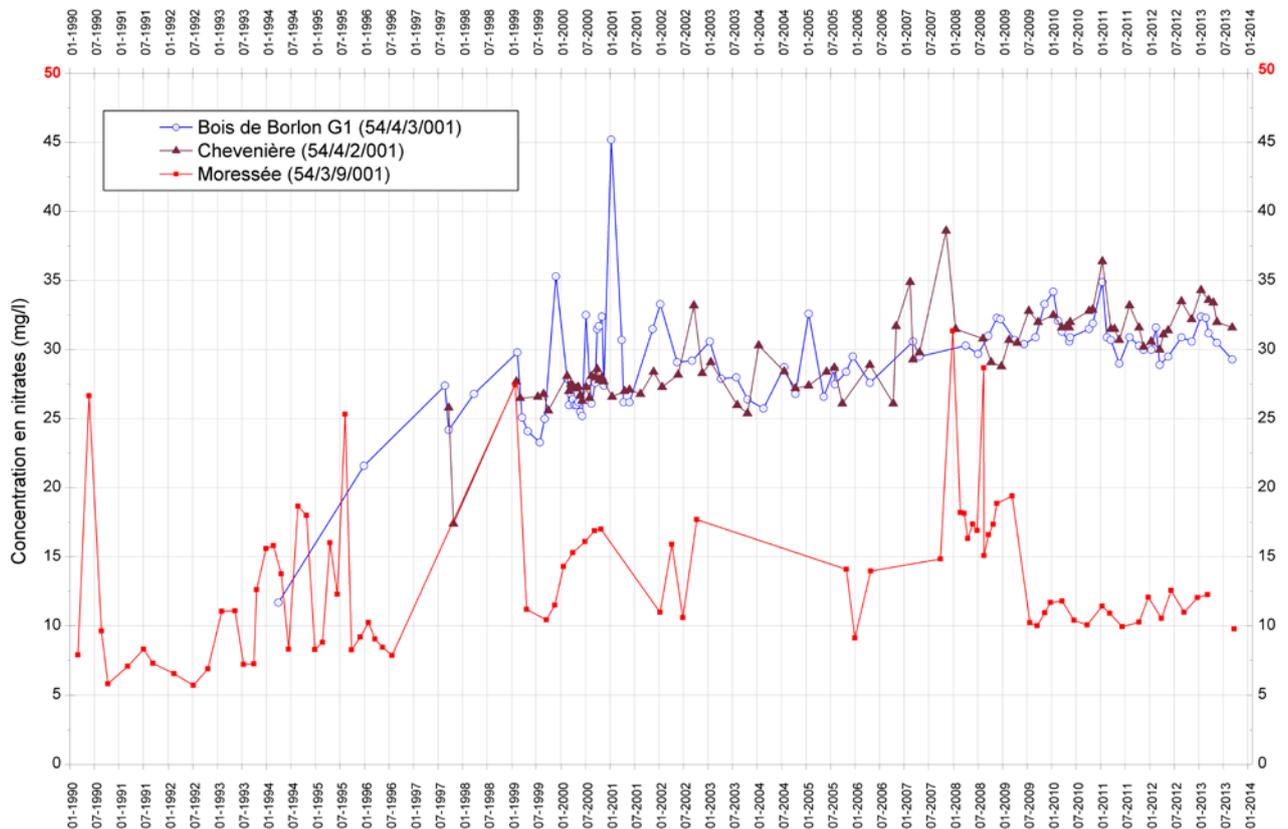


Figure V.4: Evolution des concentrations en nitrates dans les eaux captées sur la carte Maffe-Grandhan – Aquifère des grès du Famennien et Aquiclude du Frasnien – RWM23

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 Maffe-Grandhan, il semble que ses eaux souterraines ne présentent pas d'anomalies importantes au niveau bactériologique (tableau V.7). Une chloration est opérée avant la distribution de l'eau sur le réseau.

Tableau V.7: Paramètres microbiologiques des eaux souterraines de la carte Maffe-Grandhan

Unité hydrogéologique			Aquifère des calcaires du Carbonifère				Aquifère des grès du Famennien		Aquiclude du Frasien	
Paramètre	Unité	Niveau-guide	Scy G1	En Veneux	Bassinnes	Buzin	Bois de Borlon	Chevenière	Moressée	P-Fronville
		Code de l'Eau	08/10/2014	12/03/2014	12/03/2014	12/03/2014	17/04/2014	17/04/2014	12/03/2014	19/03/2013
Germes totaux à 22°C	nbre / ml	-	5	2	1	3	24	19	2	-
Germes totaux à 37°C	nbre / ml	-	0	5	0	2	1	2	6	4
Coliformes totaux	nbre / 100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes fécaux	nbre / 100 ml	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Escherichia coli	nbre / 100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entérocoques fécaux	nbre / 100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clostridium perfringens	nbre / 100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	-

V.4. PESTICIDES

La présence de pesticides dans les eaux potabilisables devient, au même titre que les nitrates, relativement préoccupante. Depuis plusieurs années, une centaine de pesticides sont recherchés dans les eaux souterraines destinées à la consommation humaine. Les herbicides font partie des micropolluants les plus problématiques, qu'ils soient d'usage agricole ou non agricole, dans le sens où ils impliquent des traitements de potabilisation spécifiques et parfois très coûteux (SPW-DGO3, 2014; ICEW, 2012).

La figure V.5 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 indices⁶ de qualité révèlent que les aquifères investigués de la région de Maffe-Grandhan sont classés en catégorie 'Bonne' à 'Très bonne' pour l'altération 'Pesticides'. Cette zone ne concerne qu'une petite partie au nord-est de la carte.

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

IMPACT DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES SUR LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

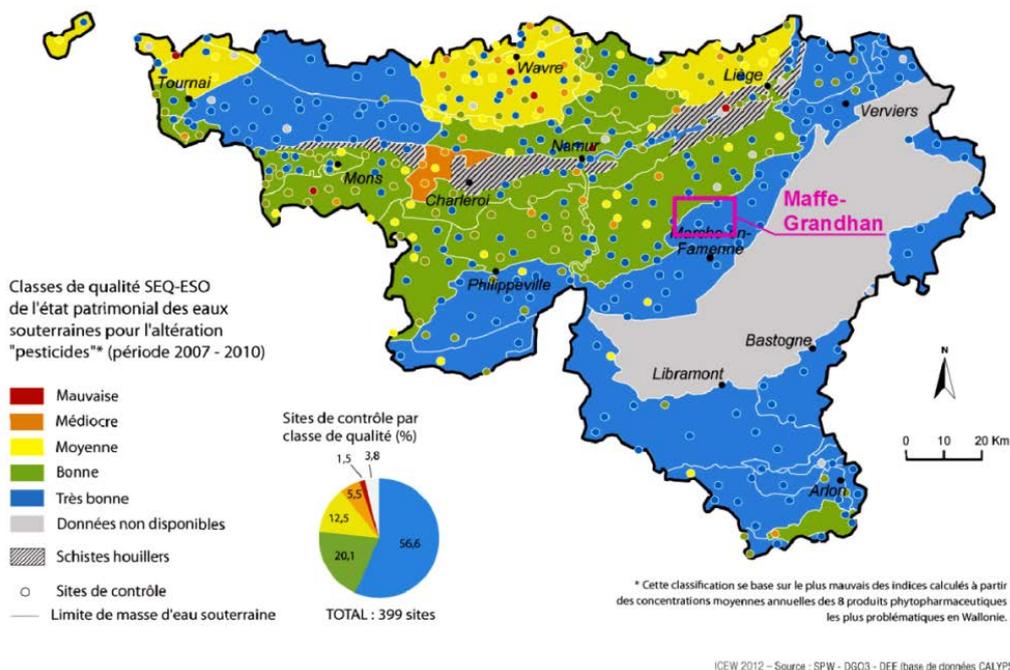


Figure V.5: Pesticides en Région wallonne (ICEW, 2012; carte 19 modifiée)

D'après les données disponibles, à ce jour, aucune contamination marquée des eaux souterraines par les pesticides n'est observée (tableau V.8). 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 ses produits de dégradation (déséthylatrazine), ainsi que de bentazone ont été occasionnellement observées dans les eaux souterraines de la carte Maffe-Grandhan. Il faut noter que la valeur, extrêmement élevée, en bentazone pour le puits privé de Fronville (réseau SEQ-ESO) semble un fait local et temporaire. En effet, les analyses précédentes (2006 à 2009) montrent une concentration en bentazone inférieure à 10 ng/l.

Tableau V.8: Principaux pesticides analysés dans les eaux souterraines de la carte Maffe-Grandhan

Unité hydrogéologique		Aquifère des calcaires du Carbonifère				Aquifère des grès du Famennien		Aquiclude du Frasien	
Pesticide	Niveau-guide (Code de l'eau)	Scy G1	En Veneux	Bassinnes	Buzin	Bois de Borlon	Chevenière	Moressée	P-Fronville
		11/12/2012	12/03/2014	12/03/2014	12/03/2014	17/04/2014	17/04/2014	12/03/2014	19/03/2013
Atrazine (ng/l)	100	<3	3	3	4	<3	<3	<3	<10
Déséthyl Atrazine (ng/l)	100	14	8	6	9	<5	<5	6	<10
Simazine (ng/l)	100	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<10
Diuron (ng/l)	100	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<10
Isoproturon (ng/l)	100	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<10
Chlortoluron (ng/l)	100	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<10
Bromacile (ng/l)	100	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<10
Bentazone (ng/l)	100	1	<1	1	7	<1	<1	<1	622
2,6-dichlorobenzamide (BAM) (ng/l)	200	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10

VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES

Toutes les unités hydrogéologiques de la région Maffe-Grandhan ne sont pas exploitées. Environ 20 % des prises d'eau recensées sur cette carte sont exploitées (déclaration officiel de prélèvements). La nappe alluviale de l'Ourthe est sans doute exploitée localement par des petits puits privés. Cependant, aucune information n'est disponible.

Outre par des ouvrages appartenant à des particuliers, les eaux souterraines de la carte Maffe-Grandhan sont aussi exploitées par l'Association Intercommunale des Eaux du Condroz (AIEC) et la Société Wallonne des Eaux (SWDE) pour la distribution publique d'eau potable.

Les données présentées dans ce chapitre ne concernent que les prises d'eau situées en Wallonie. Elles sont extraites de la base de données du Service Public de Wallonie. Malheureusement, l'encodage des volumes d'eau prélevés n'est pas complet. Ceci concerne principalement les petits exploitants et donc les petits volumes (< 3000 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 privé⁷ (pastilles vertes). Les volumes présentés sont des volumes de l'année 2013 pour les ouvrages de distribution publique d'eau et de 2012 pour les "autres volumes". Sur cette même carte, sont aussi reportés les volumes moyens sur cinq ans, ici 2008-2012. Ils illustrent de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la carte étudiée. Ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni de l'exploitation réelle des nappes. Elles reflètent simplement l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées. Parmi ces dernières, il se peut que certaines d'entre elles soient des années sans prélèvement.

Prélèvements destinés à la distribution publique d'eau potable

Sur la carte Maffe-Grandhan, en 2013, cinq ouvrages de prise d'eau destinée à la distribution publique sont actifs (tableau VI.1). Environ 860 000 m³ d'eau souterraine ont été prélevés.

Tableau VI.1: Volumes prélevés en 2013 pour la distribution publique d'eau potable, par titulaire et par unité hydrogéologique – Maffe-Grandhan

Titulaire Unité hydrogéologique	AIEC		SWDE	
	Captage	Volume en 2013 (m ³)	Captage	Volume en 2013 (m ³)
Aquifère des calcaires du Carbonifère (Condroz)	<i>En Veneux</i>	337 398	<i>Scy</i>	23 828 (2007)
	<i>Buzin</i>	187 409		
	<i>Bassinnes</i>	40 019		
Aquifère des grès du Famennien (transition Condroz-Famenne)			<i>Bois de Borlon</i>	93 603
			<i>Chevenière</i>	112 871
Aquiclude du Frasnien (Famenne)	<i>Moressée</i>	89 585		

⁷ La catégorie "Autres volumes" regroupe les volumes à usage privé, c'est-à-dire les prélèvements des particuliers, des agriculteurs, des industries... tout prélèvement d'eau souterraine qui n'est pas destinée à la distribution publique d'eau potable.

L'AIEC exploite les eaux souterraines logées dans le synclinal 'Barvaux-Condroz/Méan' (*aquifère des calcaires du Carbonifère*) via trois sites de captage: En Veneux, Buzin et Bassinnes. Les volumes prélevés par ces galeries sont, en moyenne, respectivement de 377 000, 211 000 et 37 000 m³/an (figure VI.1). La galerie de Scy (SWDE) est à l'arrêt depuis 2008. Avant cette date, le débit annuel d'exploitation dépassait régulièrement 300 000 m³ (figure VI.1).

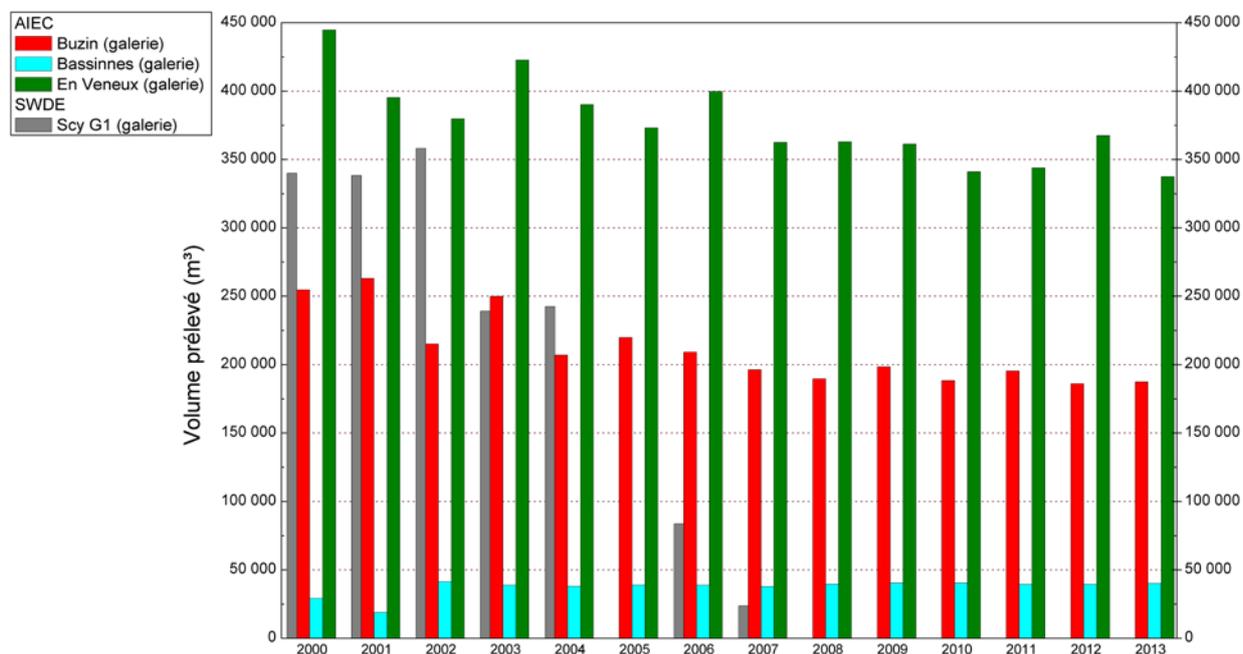


Figure VI.1: Volumes prélevés pour la distribution publique d'eau potable - Aquifère des calcaires du Carbonifère – Maffe-Grandhan

A titre indicatif, notons que directement au nord de la carte Maffe-Grandhan, à Havelange, VIVAQUA et l'AIEC exploitent également l'aquifère des calcaires carbonifères (synclinal de Jeneffe-Miécrot) à raison de 2,5 millions de m³/an et de 75 000 m³/an, respectivement. Il s'agit de prises d'eau gravitaire (respectivement, une galerie drainante et une source à l'émergence).

Au nord de Somme-Leuze, la SWDE exploite l'*aquifère des grès du Famennien* via deux prises d'eau gravitaire: le drain 'Chevenièrre' et la galerie 'Bois de Borlon'. Les volumes prélevés annuellement sont de l'ordre de 100 000 m³ (figure VI.2).

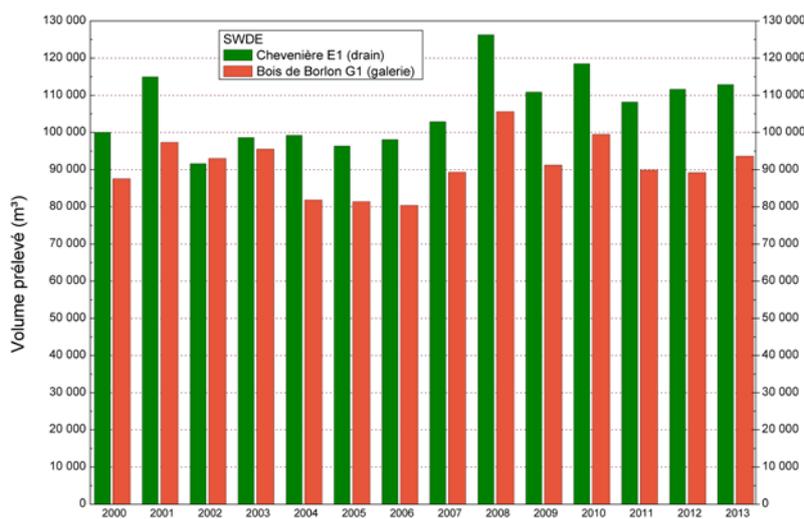


Figure VI.2: Volumes prélevés pour la distribution publique d'eau potable - Aquifère des grès du Famennien – Maffe-Grandhan

Située dans la dépression de la Famenne, la galerie 'Moressée' (AIEC) sollicite les eaux logées dans l'aquiclude schisto-gréseux du Frasnien. Le volume moyen prélevé est de l'ordre de 81 000 m³/an (figure VI.3).

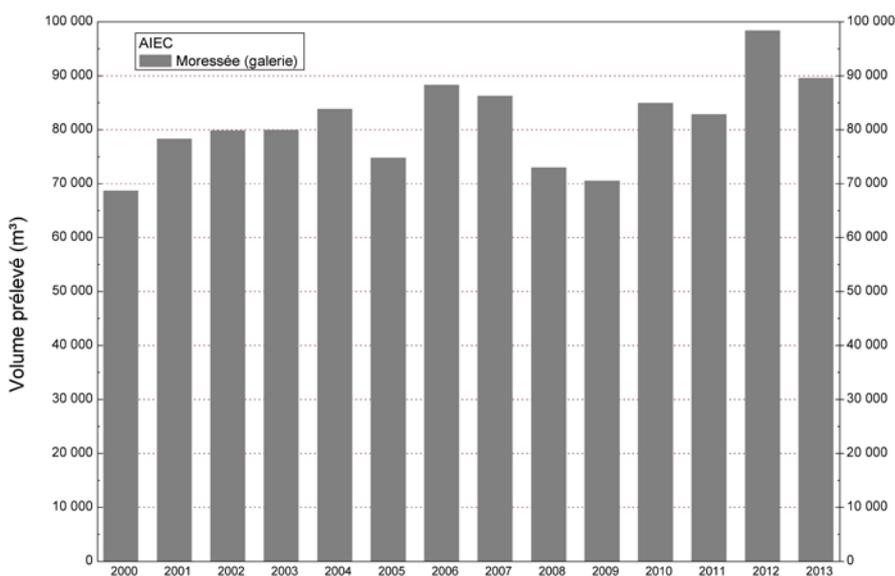


Figure VI.3: Volumes prélevés pour la distribution publique d'eau potable – Aquiclude du Frasnien – Maffe-Grandhan

Autres prélèvements (industries, agriculteurs, particuliers)

Sur environ nonante ouvrages privés recensés, une vingtaine sollicite ou a sollicité l'une des unités hydrogéologiques de la carte Maffe-Grandhan (sur base des déclarations faites à l'administration). Les volumes prélevés, à usage privé, y sont peu importants. Ils varient entre 10 et 9600 m³/an, en moyenne. Cela représente, au total, environ 50 000 m³ prélevés par an. Ces prélèvements sont destinés à un usage domestique (sanitaires, jardin...), à des fins agricoles (alimentation du bétail, irrigation...) ou encore à quelques activités de service.

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'emmaganement 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'emmaganement est également une grandeur 2D intégrant le coefficient d'emmaganement spécifique sur l'épaisseur de l'aquifère pour les nappes captives. Pour les nappes libres, le coefficient d'emmaganement peut être approximé par la porosité effective (ou efficace) de drainage (n_e).

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.

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.

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'emmagasinement 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

Toutes les unités hydrogéologiques présentes sur la carte Maffe-Grandhan n'ont pas fait l'objet d'études permettant de définir les paramètres hydrodynamiques des aquifères. De telles études approfondies sont généralement menées sur des sites de captages importants, sur des sites pollués (ou avec suspicion de pollution des eaux souterraines) ou encore lors de recherches de ressources en eaux. Les quelques sites où des essais (pompages, traçages) ont été menés sont ceux des distributeurs publics d'eau, AIEC et SWDE (figure VII.1).

Il est important de noter que les valeurs des paramètres d'écoulement et de transport calculés sont spécifiques à chaque site étudié et ne peuvent être extrapolés à l'ensemble de l'aquifère.

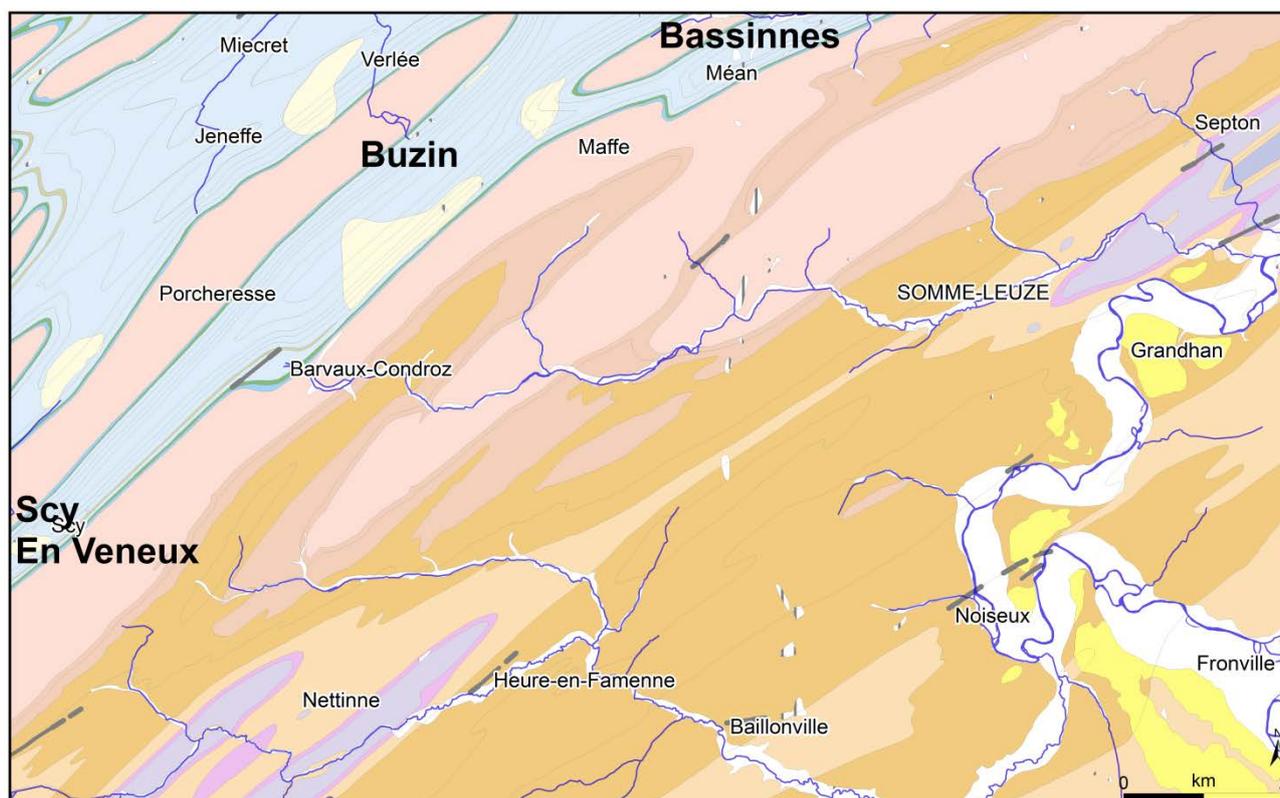


Figure VII.1: Localisation des sites avec des tests de pompages et/ou traçages sur la carte Maffe-Grandhan

Aquifère des calcaires du Carbonifère

Sur le site des captages 'Scy' et 'En Veneux' à Hamois, deux piézomètres et quatre puits de reconnaissance ont été forés (SWDE, 2006). En janvier 2005, des essais de pompage de courte durée (8 h) avec remontée (6 h) à différents débits ont été réalisés sur les puits PR2 et PR4 (figure VII.2). Le tableau VII.4 résume les caractéristiques des essais et leurs résultats.

La conductivité hydraulique calculée au puits PR2, sur base d'une transmissivité moyenne de $2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, est de l'ordre de $2 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ (avec une hauteur crépinée de 12 m). La valeur de la conductivité hydraulique de l'aquifère calcaire au droit du puits PR4 est comprise entre $3,8 \times 10^{-4}$ et $4 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, sur base d'une transmissivité moyenne comprise entre 6×10^{-3} et $7 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ et hauteur saturée de 16 m (hauteur crépinée). Dans les deux ouvrages testés, des pertes de charges modérées sont observées en phase de pompage. Le niveau d'eau a été suivi dans les

autres forages du site. Les pompages ne montrent pas ou peu d'influence significative sur les ouvrages proches.

Tableau VII.4: Caractéristiques des essais de pompage - Valeurs des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère à Hamois (SWDE, 2006)

Nom de l'ouvrage	Débit (m ³ /h)	Rabattement en fin de pompage (m) (après 480 minutes)	Epaisseur d'aquifère e (m) ≈ hauteur crépinée	Transmissivité T (m ² /s)		Débit spécifique (m ³ /hxm)
				Pompage	Remontée	
PR2	4,67	3,22	12	T ₁ 1,08 × 10 ⁻⁴ T ₂ 1,48 × 10 ⁻³	T' ₁ 1,33 × 10 ⁻⁴ T' ₂ 3,61 × 10 ⁻³	1,44
	6,60	5,2 (après 450 minutes)		T ₁ 9,12 × 10 ⁻⁵ T ₂ 5,52 × 10 ⁻³	T' ₁ 5,61 × 10 ⁻⁵ T' ₂ 2,53 × 10 ⁻³	1,16
PR4	12,81	9,92	16	non interprétable	T ₁ 5,7 × 10 ⁻³	-
	19,06	3,58		T ₁ 1,05 × 10 ⁻⁴ T ₂ 9,24 × 10 ⁻⁴	T' 5,62 × 10 ⁻³	2,64
	22,89	7,19		T ₁ 7,9 × 10 ⁻⁴ T ₂ 4,75 × 10 ⁻⁴	T' 6,73 × 10 ⁻³	2,35
	26,33	9,71		T 1,49 × 10 ⁻³	T' ₁ 3,52 × 10 ⁻³ T' ₂ 5,58 × 10 ⁻³	2,63

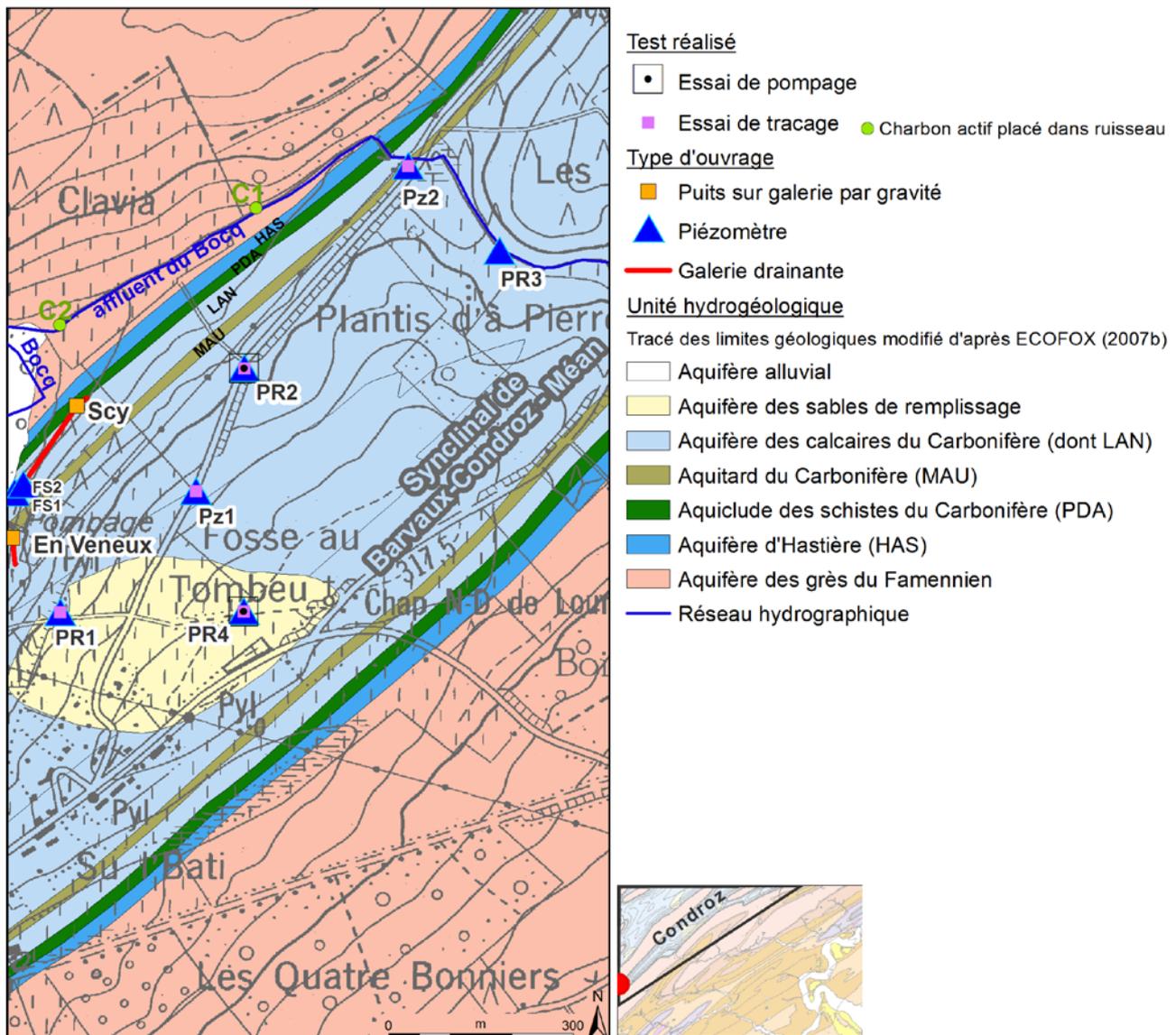


Figure VII.2: Site de captage 'Scy - En Veneux': essais de pompage et de tracage.

En mars 2007, un essai de traçage a été mené sur le site 'Scy - En Veneux', dans le cadre de l'établissement des zones de prévention (ECOFOX, 2007a). Cinq traceurs ont été injectés (tableau VII.5 & figure VII.2). Dans chacune des deux galeries, Scy et En Veneux, un échantillonneur automatique a été placé, du 19 mars au 30 avril 2007 (analyse quantitative). Le passage potentiel des traceurs a aussi été surveillé dans le ruisseau du Bocq et son affluent, via des charbons actifs (analyse qualitative).

Tableau VII.5: Caractéristiques des injections et des restitutions du test de traçage sur le site de Scy - En Veneux (ECOFOX, 2007a)

Puits d'injection	Traceur	Quantité (kg)	Echantillonnage à la galerie SCY		Echantillonnage à la galerie EN VENEUX	
			Distance minimale 'injection restitution'(m)	Taux de restitution (%)	Distance minimale 'injection restitution'(m)	Taux de restitution (%)
Pz1	Sulforhodamine B	3	238,5	non-restitution	307,7	non-restitution
Pz2	Uranine	2	667	non-restitution	886,3	non-restitution
PR1	Naphtionate	10	339,1	non-restitution	144,8	28,57
PR2	Eosine	5	279,1	non-restitution	468,5	non-restitution
PR4	Chlorure de lithium	50	432	non-restitution	394,8	non-restitution

Une seule restitution a été observée: le naphtionate a été détecté à la prise d'eau 'En Veneux'. La première arrivée du traceur a été détectée après 10h44, soit une vitesse de première arrivée de 13,49 m/h. Le temps modal, correspondant au maximum de restitution (pic), est de 26h44, soit une vitesse modale apparente de 5,42 m/h (ECOFOX, 2007a). Cette courbe de restitution a permis de définir, par modélisation (Aqua3D), les paramètres de transport (tableau VII.6). Il s'agit de valeurs indicatives à utiliser avec prudence. En effet, l'influence des galeries n'a pu être prise en compte dans les modèles.

Tableau VII.6: Paramètres de transport obtenus par modélisation analytique de la courbe de restitution du naphtionate - Site de Scy-En Veneux (ECOFOX, 2007a)

Modèle	Porosité effective (%)	Dispersivité longitudinale α_L (m)	Dispersivité transversale α_T (m)
Radial	0,8	150	-
2D	0,9	300	30

Etant donné la méthode d'analyse des charbons actifs (désorption par une solution de potasse alcoolique avec évaluation visuelle de la coloration du liquide), seule l'uranine est susceptible d'être mise en évidence. Le charbon actif C1, placé dans l'affluent du Bocq (voir figure VII.2), atteste du passage de l'uranine. Le charbon actif C2 a été arraché pendant l'étude et non retrouvé.

Des essais de pompage et de traçage ont été menés sur le site de captage de Buzin (BCG, 2015). Ils ont permis de mieux cerner le contexte hydrogéologique local autour de la galerie, avec pour objectif final la délimitation des zones de prévention du captage. Sur chaque puits testé (figure VII.3), un essai par paliers enchaînés avec remontée en fin de test ainsi qu'un essai de longue durée avec remontée ont été réalisés (sept-oct 2013). Les niveaux d'eau se sont rapidement stabilisés dans les trois puits testés, à tous les paliers. La vitesse moyenne de descente du niveau piézométrique a été estimée inférieure à 0,02 m/h pour Pz2 et de 0,01 à 0,03 m/h pour Pz3, en fin de pompage. Pour le puits privé P-Greindl, les rabattements observés sont très faibles. La remontée, après l'arrêt du pompage, est très rapide. Après l'essai de longue durée, la nappe a retrouvé son niveau initial en 33 minutes. Les paramètres hydrodynamiques de la nappe au droit des puits testés ont été déterminés (tableau VII.6). L'analyse des relations débit/rabattement confirme que la nappe des calcaires carbonifères est libre.

Parallèlement au suivi dans le puits de pompage, les niveaux piézométriques ont été relevés régulièrement dans les ouvrages voisins. Lors du pompage en Pz2, une variation du niveau d'eau a été mesurée tant en Pz3 qu'au puits Greindl. Ainsi, les paramètres hydrogéologiques pour ces piézomètres de contrôle ont pu être calculés (tableau VII.6). Par contre, lors de l'essai sur Pz3, les rabattements mesurés sur Pz2 étant très faibles à nuls, le coefficient d'emmagasinement n'a pas pu être déterminé. Les piézomètres Pz2 et Pz3 se trouvent en dehors du rayon d'influence du puits Greindl pour le débit testé.

Tableau VII.7: Caractéristiques des essais de pompage - Valeurs des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère à Buzin (BCG, 2015)

Puits	Test	Débit (m ³ /h)	Durée (min)	Rabattement (m)	Transmissivité T** (m ² /s)	Conductivité hydraulique K** (m/s)	Coefficient d'emmagasinement S** (%)
Pz2 e*:14,6 m	Paliers enchaînés	4,2	60	0	$2,84 \times 10^{-2}$	$1,95 \times 10^{-3}$	/
		7,2	60	0,02	$1,49 \times 10^{-2}$	$1,02 \times 10^{-3}$	/
		10,3	60	0,04	$8,94 \times 10^{-3}$	$6,12 \times 10^{-4}$	/
		20	60	0,11	Pz3		
	Longue durée	remontée	1230	non fourni	$6,16 \times 10^{-2}$	$1,06 \times 10^{-3}$	0,11
					$1,42 \times 10^{-2}$	$5,95 \times 10^{-3}$	0,28
		20	7130	non fourni	P-Greindl		
		remontée	2940	non fourni	$9,33 \times 10^{-2}$	$6,39 \times 10^{-3}$	0,35
				$8,7 \times 10^{-3}$	$5,96 \times 10^{-4}$	0,65	
Pz3 e*:25 m	Paliers enchaînés	2,5	60	0,11			
		5,7	60	0,31	$1,45 \times 10^{-2}$	$5,8 \times 10^{-4}$	/
		9	60	0,34	$9,34 \times 10^{-2}$	$3,74 \times 10^{-3}$	
		16,5	120	1,63	P-Greindl		
	Longue durée	remontée	30	non fourni	$7,09 \times 10^{-2}$	$2,84 \times 10^{-3}$	0,34
		18	1820	non fourni	$1,05 \times 10^{-2}$	$4,2 \times 10^{-4}$	0,72
P-Greindl e*:8,9 m	Paliers enchaînés	0,69	60	0,06			
		2,02	60	0,09	$1,08 \times 10^{-2}$	$1,21 \times 10^{-3}$	/
		3,69	60	0,13			
		remontée	173	non fourni			
	Longue durée	3,75	3010	non fourni	3,75 m ³ /h = débit maximal de la pompe		
		remontée	100	non fourni			

*e: épaisseur de l'aquifère considérée équivalente à la hauteur saturée (au moment de l'essai)
 **: T, K, S calculés sur base du rabattement résiduel après l'essai de longue durée dans le puits testé ou sur base des rabattements observés dans puits voisins lors du pompage

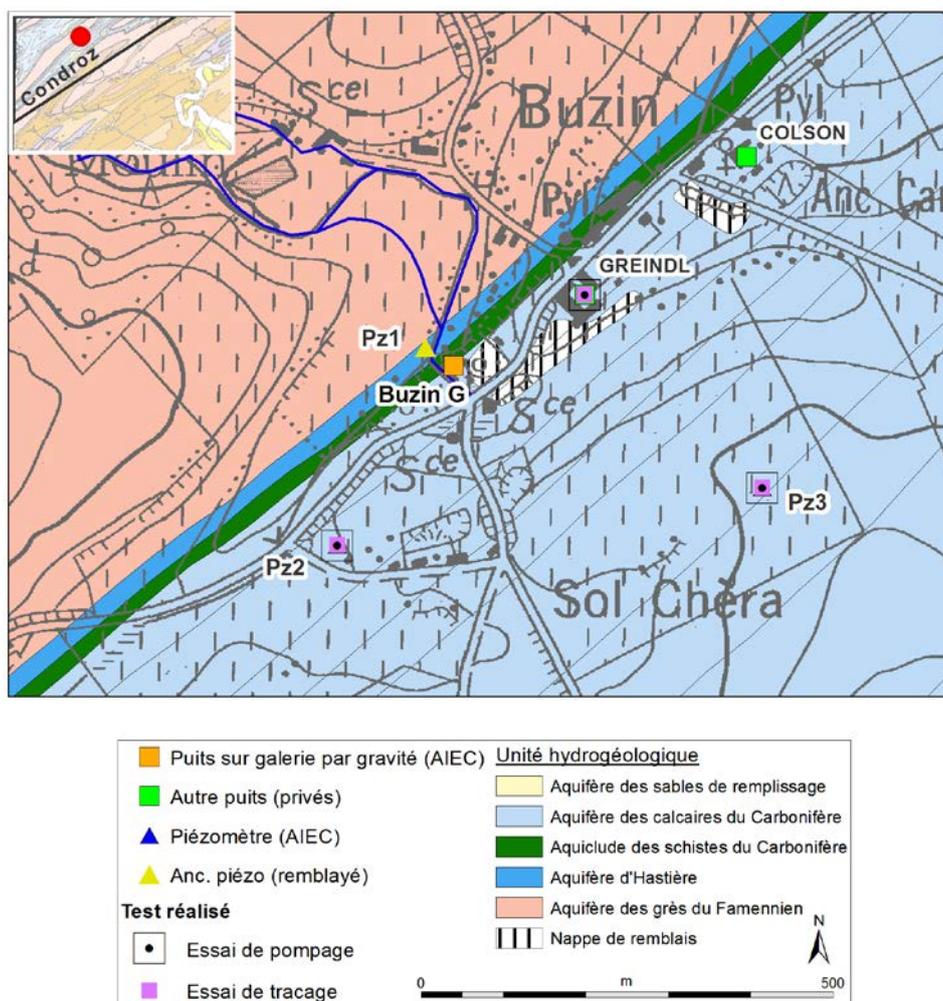


Figure VII.3: Site de captage de Buzin: essais de pompage et de traçage.

Afin de déterminer les paramètres de transport de l'aquifère des calcaires du Carbonifère aux alentours du site de la galerie de Buzin, un multitraçage a été réalisée en avril 2014 (BCG, 2015). Trois traceurs fluorescents ont été injectés (tableau VII.7). Un fluorimètre et un échantillonneur automatique ont été placés dans le captage et des charbons actifs dans les fossés périphériques au captage. Deux des trois traceurs ont été récupérés au captage. Les résultats sont présentés dans les tableaux VII.7 et VII.8. L'absence de restitution du traceur injecté dans le piézomètre Pz3 peut s'expliquer par différents facteurs: la distance au captage, l'importance du débit provoquant une dilution trop grande, arrivée après la période d'observation. L'analyse des charbons actifs n'a révélé aucun passage des traceurs dans les drains autour de la zone de captage.

Tableau VII.8: Caractéristiques des injections et des restitutions du test de traçage sur le site de Buzin (BCG, 2015)

Puits d'injection	Traceur	Quantité (kg)	Echantillonnage à la galerie Buzin (durée monitoring: 50 jours)					
			Distance minimale 'injection restitution' (m)	Taux de restitution (%)	Première arrivée		Arrivée modale	
					Durée du trajet (min)	Vitesse (m/s)	Durée du trajet (min)	Vitesse (m/s)
Pz2	Sulforhodamine B	0,8	260	2,8	1019	$4,25 \times 10^{-3}$	2579	$1,68 \times 10^{-3}$
Pz3	Uranine	0,5	404	non-restitution	/	/	/	/
P-Greindl	7 amino 1,3	0,8	183	0,19	1863	$1,64 \times 10^{-3}$	2353	$1,29 \times 10^{-3}$

Tableau VII.9: Paramètres de transport obtenus par modélisation analytique des courbes de restitution - Site de Buzin (BCG, 2015)

	Porosité effective de transport (%)	Dispersivité longitudinale α_L (m)	Type de transport
Pz2	2,1	43	Dispersif
P-Greindl	16 (?)	0,25	Advectif

A Méan, un essai de traçage a été réalisé pour vérifier si la source de Bassinnes, captée par l'AIEC, fait partie du réseau karstique de Méan, en tant que point de résurgence. Ainsi, en décembre 2007, 1 kg d'uranine a été injecté dans la perte de Méan, au lieu-dit 'Al Tannerie'. Un fluorimètre a été placé au captage de Bassinnes et des échantillons ont été prélevés manuellement à la résurgence à l'ouest des étangs de Bassine (voir figure IV.9). Le traceur a été détecté uniquement à la résurgence de Bassine. Aucune trace n'a été observée à la prise d'eau de l'AIEC. Les caractéristiques du test sont présentées dans le tableau VII.9. L'allure de la courbe de restitution indique un transport majoritairement advectif (BCG, 2014b).

Tableau VII.10: Caractéristiques des restitutions du traçage sur le site de Bassinnes (BCG, 2014b)

Lieu d'échantillonnage	Distance minimale 'injection restitution'(m)	Première arrivée		Arrivée modale	
		Durée du trajet (min)	Vitesse (m/s)	Durée du trajet (min)	Vitesse (m/s)
Source de Bassinnes (Captage AIEC)	1440	pas de restitution dans l'intervalle de la période d'observation (22 jours)			
<u>Résurgence des étangs de Bassine</u>	1480	1223	0,02	1673	0,015

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 wallonne⁸ 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.

⁸ Arrêté de l'Exécutif régional wallon du 14 novembre 1991 relatif aux prises d'eau souterraines, aux zones de prise d'eau, de prévention et de surveillance et à la recharge artificielle des nappes d'eau souterraine, abrogé par l'arrêté du GW du 3 mars 2005 relatif au livre II du code de l'Environnement, contenant le Code de l'eau (M.B. du 12/04/2005, p.15068)

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

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

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

3° Zone de surveillance ou zone III

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

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

Mesure de prévention

Diverses mesures de protection ont été définies par les autorités compétentes pour les différentes zones. Ces mesures concernent notamment l'utilisation et le stockage de produits dangereux, d'engrais ou de pesticides, les puits perdus, les nouveaux cimetières, les parkings,... Elles visent à réduire au maximum les risques de contamination de la nappe. Toutes ces mesures sont décrites aux articles R.162 à R.170 de l'Arrêté du Gouvernement Wallon du 12 février 2009⁹.

La Société publique de Gestion de l'Eau¹⁰ assure la gestion financière des dossiers concernant la protection des eaux probabilisables distribuées par réseaux, par le biais de contrats de service passés avec les producteurs d'eau. Pour financer les recherches relatives à la délimitation des zones de prévention et indemniser tout particulier ou toute société dont les biens doivent être mis en conformité avec la législation, une redevance est prélevée sur chaque m³ fourni par les sociétés de distribution d'eau.

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

⁹ 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)

¹⁰ 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 DES CAPTAGES DE L'AIEC

L'AIEC possède plusieurs captages toujours en activité sur la carte Maffe-Grandhan. A ce jour, aucune de ces prises d'eau n'a ses zones de prévention arrêtées. Une étude hydrogéologique sommaire a été réalisée pour la galerie de Moressée à Somme-Leuze (BCG, 2003b; 2004; 2005). Ce captage, drainant les eaux superficielles de la nappe (frange altérée), va dans les prochaines années mis hors service par le producteur d'eau. Dès lors, la zone de prévention définie (par l'étude précitée) ne sera jamais désignée officiellement par arrêté ministériel. Vu l'abandon, à terme, de cette prise d'eau, le symbole triangulaire 'zone à définir' n'est pas représenté (figure VIII.2).

Concernant les autres captages, toujours exploités, de l'AIEC situés sur le territoire de la carte Maffe-Grandhan, à ce jour, aucune zone de prévention n'a été déposée au Service Public de Wallonie (tableau VIII.1 & figure VIII.2). Les études sont en cours. Des dossiers sont déposés à l'administration wallonne (SPW-DGARNE). Ces zones à définir sont symbolisées sur la carte hydrogéologique par un triangle vide tracé autour des captages. Les prises d'eau pour lesquelles l'AIEC d'eau a mentionné un arrêt définitif, ne sont pas reprises.

Tableau VIII.1: Captages soumis à zone de prévention mais non encore définies – AIEC – Maffe-Grandhan

Captage	Code RW	Type	Unité hydrogéologique	Commune
Buzin	54/3/2/001	Galerie	Aquifère des calcaires du Carbonifère	Havelange
Bassinnes	54/4/1/002	Galerie		Hamois
En Veneux	54/3/4/002	Galerie		

VIII.3. ZONES DE PREVENTION DES CAPTAGES DE LA SWDE

Actuellement, les zones de prévention rapprochées et éloignées ont été arrêtées pour le captage 'Bois de Borlon'. Les zones de prévention pour les prises d'eau de Chevenière et de Scy restent à définir (tableau VIII.2 & figure VIII.2). Les prises d'eau pour lesquelles la SWDE a mentionné un arrêt définitif de l'exploitation ne sont pas reprises.

Les zones de prévention autour de la galerie 'Bois de Borlon' (code SPW: SWDE106) ont été établies sur base d'une étude succincte (SWDE, 2005). Les distances forfaitaires ont été utilisées. Elles ont été adaptées selon le bassin d'alimentation présumé de la prise d'eau (via une analyse topographique, géologique et hydrologique)(figure VIII.1). Ces zones de prévention ont été arrêtées par le Ministre wallon en date du 10 mars 2009: *Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée de l'ouvrage de prise d'eau souterraine de catégorie B (potabilisable) dénommé Bois de Borlon G1 sis sur le territoire des communes de Durbuy et Somme-Leuze (M.B. 16.04.2009).*

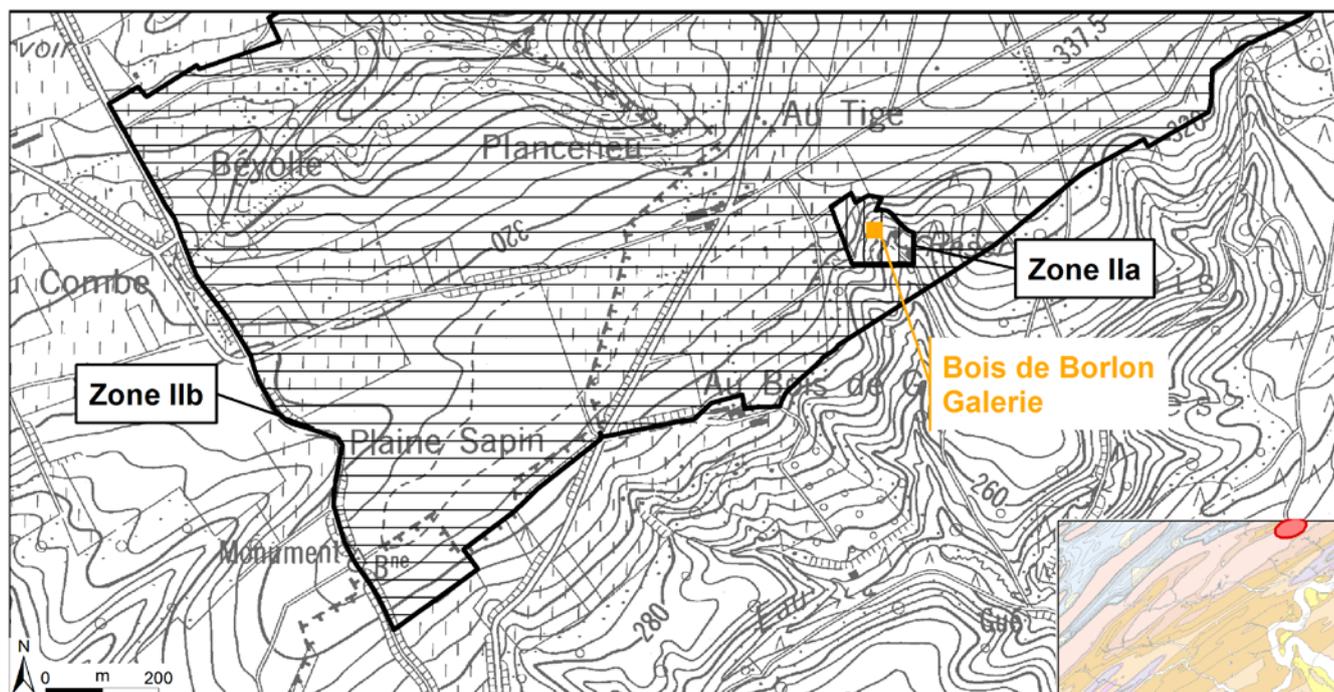


Figure VIII.1: Zones de prévention arrêtées autour du captage 'Bois de Borlon G1' – SWDE

Tableau VIII.2: Captages soumis à zone de prévention mais non encore définies – SWDE – Maffe-Grandhan

Captage	Code RW	Type	Unité hydrogéologique	Commune
Chevenière	54/4/2/001	Drain	Aquifère des grès du Famennien	Somme-Leuze
Scy	54/3/4/001	Galerie	Aquifère des calcaires du Carbonifère	Hamois

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

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

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

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

A la bordure nord de la carte Maffe-Grandhan, entre Miécrot et Verlée (figure VIII.2), débordent sur moins de 3 hectares la zone de prévention éloignée (IIb) commune des captages de Haveligeoule (48/7/8/001; AIEC) et 'Château de Bouillon' (48/7/8/002; VIVAQUA). Cette zone de prévention (code SPW: VIVAQUA22-AIEC15) a été délimitée sur base des temps de transfert et des conditions hydrogéologiques locales ainsi que sur base des limites cadastrales et urbanistiques permettant le repérage des zones sur le terrain. Ce périmètre est tracé sur la carte principale du poster.

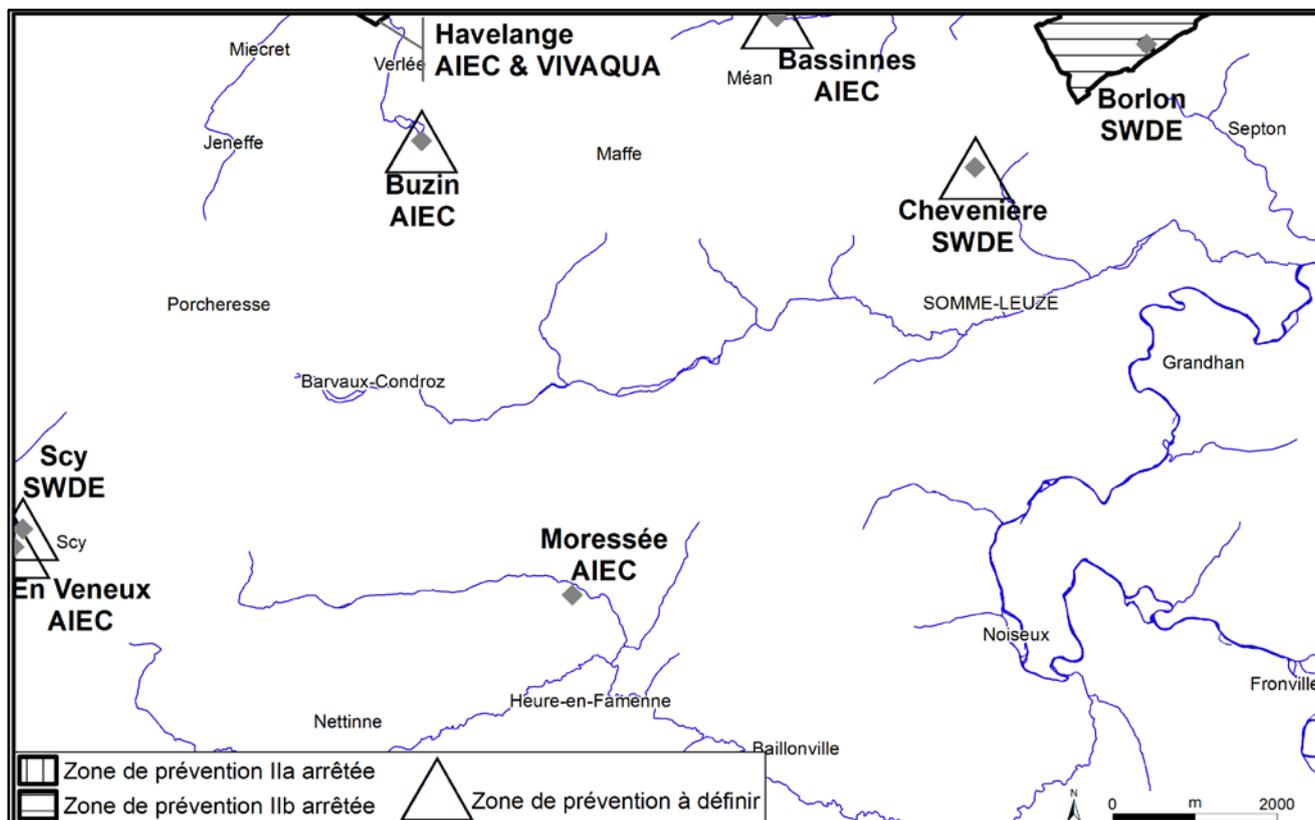


Figure VIII.2: Zones de prévention situées sur la carte Maffe-Grandhan

IX. METHODOLOGIE D'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

Ce chapitre décrit brièvement les données géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques utilisées pour construire la carte hydrogéologique Maffe-Grandhan. 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 "Maffe-Grandhan" est utilisée comme fond de référence pour la construction de la carte hydrogéologique. Cette carte a été dressée par L. Barchy et JM. Marion (2008). Elle a été fournie sous format vectoriel par le Service Public de Wallonie (Cellule 'Géologie').

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. Sur la carte Maffe-Grandhan, les discontinuités aux frontières de la carte sont dues à l'utilisation de fonds géologiques de générations et d'échelles différentes. Cette situation se retrouve sur les limites septentrionale et orientale de la zone étudiée. Les cartes¹¹ Modave-Clavier 48/7-8 et Durbuy-Mormont 55/1-2, ont, toutes deux, été éditées en 1902 au 1/40.000 par le Service Géologique de Belgique. La continuité des unités hydrogéologiques est assurée au maximum. Cependant, dépendant des cartes géologiques, ici de générations et d'échelles différentes, quelques discontinuités sont observées. Pour ces deux cartes, la nouvelle couverture géologique sera prochainement disponible. Ainsi, à terme, les disparités entre cartes disparaîtront. La nouvelle carte géologique 48/7-8 est en préparation pour publication. La nouvelle carte géologique 55/1-2 est en validation scientifique et technique auprès de la cellule 'Géologie' du SPW.

Concernant les deux autres cartes voisines, la continuité des unités hydrogéologiques est assurée. En effet, tant au sud qu'à l'ouest, la carte hydrogéologique utilise le nouveau fond géologique, cependant, non édités à ce jour. Les cartes géologiques Natoye-Ciney 54/1-2 et Aye-Marche-en-Famenne 54/7-8 sont en préparation pour publication (probablement en 2015). Il convient aussi de noter que quelques petites discontinuités entre unités hydrogéologiques peuvent subsister. Par exemple, dans le cas, de regroupement ou non de formations géologiques, de changement de faciès d'une formation géologique.

¹¹ Les premières versions de ces cartes hydrogéologiques sont basées sur la carte géologique au 1/40.000. Les versions actualisées (après 2015) seront basées sur la nouvelle carte géologique de Wallonie au 1/25.000.

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

Quelques 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 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 de déterminer l'emplacement le plus adéquat pour des forages, de définir la nature et l'épaisseur des terrains meubles, de localiser des failles, des axes de fracturation ou des linéaments, de situer l'altitude du sommet du bed-rock.

- Site de Scy-En Veneux (BCG, 2002): traînés électriques, sondages électriques et sismiques.
- Site de Buzin (BCG, 2003b): traînés électriques, sondages électriques et sismiques.
- Site de Moressée (BCG, 2003d): traînés électriques, sondages électriques et sismiques.
- Site de Bassinnes (BCG, 2008; 2014a): traînés électriques et tomographies électriques.

IX.1.2. Données météorologiques et hydrologiques

Sur le territoire de la carte Maffe-Grandhan, il y a deux stations météorologiques:

- la station de Somme-Leuze, KV2, appartenant à l'Institut Royal Météorologique (IRM). Les précipitations y sont mesurées depuis 1973.
- la station de Somme-Leuze, 7068, appartenant au SETHY (SPW, DGARNE). Les précipitations y sont mesurées depuis août 1996.

Une station limnimétrique, gérée par Service Public de Wallonie (DG03-DRCE-DCENN), mesure les hauteurs d'eau (et le débit) du ruisseau d'Heure à Baillonville (Somme-Leuze) Cette station (n°L6050) a été installée le 14/06/1984.

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), 131 ouvrages ont été encodés dont 88 puits (puits forés et puits traditionnels), 11 piézomètres, 5 galeries et 2 drains. Sont aussi encodées des informations concernant 14 sources (exploitées ou non) et 11 forages pour sonde géothermique¹². Ces données proviennent de sociétés de distribution d'eau (AIEC et SWDE), d'industriels, de divers rapports techniques (voir liste bibliographique), d'agriculteurs et de particuliers ainsi que de la base de données de la

¹² 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.

Région Wallonne (10-sous), <http://carto1.wallonie.be/10SousInt>. Ces données ont été complétées par la campagne de terrain menée en 2006 (à l'occasion de la première version de la carte).

De plus, selon l'atlas du karst wallon, six résurgences et quatre pertes sont recensées sur le territoire de la carte Maffe-Grandhan. Lors de l'étude des zones de prévention du captage de Bassines, le bureau BCG a mis en évidence, via un traçage, une septième résurgence sur le territoire de la carte Maffe-Grandhan (BCG, 2014a&b). 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. Pour une question de visibilité, il n'est pas repris sur les cartes thématiques (dont l'échelle est 1/50.000). Ces tracés ont été fournis par les sociétés de distribution publique d'eau. Il s'agit généralement de tracés approximatifs, n'ayant pas systématiquement fait l'objet d'un levé précis par un géomètre. Sur la carte Maffe-Grandhan, on compte sept ouvrages linéaires de prise d'eau (galeries et drains), dont trois sont cartographiés:

- Galerie de Scy à Hamois (SWDE).
- Galerie 'En Veneux' à Hamois (AIEC).
- Galerie de Moressée à Heure (AIEC).

IX.1.3.2. Données piézométriques

On dispose de peu de données piézométriques pour les ouvrages de la carte Maffe-Grandhan. Les ouvrages de prise d'eau des sociétés de distribution publique d'eau sont essentiellement des drains et sources. De plus, la plupart des puits privés se sont avérés difficilement accessibles.

Une campagne de mesures piézométriques a été réalisée, dans le cadre de la carte hydrogéologique par l'équipe d'Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement de l'ULg en 2006. On dénombre, ainsi au total, cent-soixante mesures piézométriques pour cette région. Elles concernent 37 puits ou piézométriques dont la majorité n'a été visité qu'à une seule reprise. Des niveaux piézométriques ponctuels sont indiqués sur la carte principale du poster.

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

IX.1.3.3. Données hydrochimiques et tests sur les puits

L'essentiel des données hydrochimiques ont été fournies par la Direction des Eaux Souterraines (DESO-SPW, Base de données Calypso). L'AIEC, divers rapports techniques et les prélèvements faits lors des campagnes de terrain de 2006 ont complété ce jeu initial.

Ainsi, une quarantaine de sites (puits et piézomètres, drains, galeries, sources) sont concernés, comptabilisant environ 5500 valeurs. Les premières données datent de 1990. Ces analyses caractérisent la plupart des unités hydrogéologiques de la carte Maffe-Grandhan. Ces points, où des données chimiques sont disponibles, sont reportés sur la carte thématique des informations

complémentaires et du caractère des nappes. Le [chapitre V](#) décrit, plus en détails, le cadre hydrochimique des unités hydrogéologiques rencontrées sur la carte Maffe-Grandhan.

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 essentiellement) est synthétisé au [chapitre VII](#). Sur la carte thématique des informations complémentaires, les puits ayant fait l'objet de tels tests sont mis en évidence par divers symboles. Ils sont très peu nombreux. Seulement 8 puits où des essais de pompage, diagraphies en forage et/ou essai de traçage ont été effectués, 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 se sont pas toujours présentes.

Plusieurs zones vulnérables aux nitrates ont été définies en Wallonie. La carte Maffe-Grandhan est presque entièrement comprise dans 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 Maffe-Grandhan, deux zones de prévention arrêtées sont reportées sur la carte principale. Le contour de ces zones a été fourni par le Service Public de Wallonie. Auxquelles s'ajoutent cinq autres captages soumis à zones de prévention dont, à ce jour, la délimitation des zones 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;
- les stations climatiques;
- à défaut de carte piézométrique, des valeurs de niveau des autres unités hydrogéologiques, avec la date de la mesure;
- les zones de prévention IIa et IIb arrêtées par le Gouvernement Wallon;
- les zones de prévention à définir;
- le trait localisant le tracé de la coupe hydrogéologique.

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

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

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

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 Maffe-Grandhan, 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 2013.

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 Maffe-Grandhan, 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 Maffe-Grandhan 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 tracée sur base de la carte géologique de Barchy et Marion (2008). Une coupe avec exagération des hauteurs (facteur d'échelle X5) a également été dessinée. Ainsi, là où la donnée est disponible, des informations sur le niveau piézométrique des nappes ont été indiquées. Ces coupes sont commentées, en détails, au [paragraphe IV.2.4](#).

X. BIBLIOGRAPHIE

Barchy L & Marion JM (2008): Carte géologique de Maffe-Grandhan et sa notice. *Service public de Wallonie, DGARNE*, Namur. 64 pp

BCG (2002). SWDE-AIEC. Hamois en Condroz (Scy). Etude des zones de prévention du site de Hamois, Scy G1 et En Veneux E1. Etude géophysique. 38 p + annexes. Bureau Conseil en Géologie. Octobre 2002

BCG (2003a): AIEC: Commune de Verlée (Havelange). Captage de Buzin. Etude des zones de prévention. Phase 1: Contexte hydrogéologique. 8 p + annexes. Bureau Conseil en Géologie. Juillet 2003

BCG (2003b): AIEC: Commune de Verlée (Havelange). Captage de Buzin. Etude des zones de prévention. Phase 2: Etude géophysique. 29 p + annexes. Bureau Conseil en Géologie. Octobre 2003

BCG (2003c): AIEC: Somme-Leuze (Heure). Captage de Moressée. Etude des zones de prévention. Rapport intermédiaire 01: Contexte géologique. 10 p + annexes. Bureau Conseil en Géologie. Juillet 2003

BCG (2003d): AIEC: Somme-Leuze (Heure). Captage de Moressée. Etude des zones de prévention. Rapport intermédiaire 02: Etude géophysique. 27 p + annexes. Bureau Conseil en Géologie. Octobre 2003

BCG (2004): AIEC: Somme-Leuze (Heure). Captage de Moressée. Etude des zones de prévention: détermination des zones IIa et IIb. Rapport final. 8 p + annexes. Bureau Conseil en Géologie. Juin 2004

BCG (2005): AIEC: Somme-Leuze (Heure). Captage de Moressée. Etude des zones de prévention: détermination des zones IIa et IIb. Résumé non technique. 15 p + annexes. Bureau Conseil en Géologie. Août 2005

BCG (2008). AIEC. Captage de Bassinnes (Méan). Délimitation des zones de prévention. 28 p + annexes. Bureau Conseil en Géologie. Décembre 2008

BCG (2014a). AIEC. Captage de Bassinnes (Méan). Délimitation des zones de prévention. Campagne complémentaire de tomographie électrique 2 p + annexes. Bureau Conseil en Géologie. Septembre 2014

BCG (2014b). AIEC. Captage de Bassinnes (Méan). Délimitation des zones de prévention. 30 p + annexes. Bureau Conseil en Géologie. Décembre 2014

BCG (2015). AIEC. Commune de Verlée (Havelange). Captage de Buzin. Etude des zones de prévention. Rapport final. 52 p + annexes. Bureau Conseil en Géologie. Janvier 2015

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

Brouyère, S. ; Gesels, J. ; Goderniaux, P. ; Jamin, P. ; Robert, T. ; Thomas, L. ; Dassargues, A. ; Bastien, J. ; Van Wittenberge, F. ; Rorive, A. ; Dossin, F. ; Lacour, 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 et D.3.12 – partie RWM021 (caractérisation: synthèse), D3.52 & D4.52 (interactions ESU-ESO). Convention RW et SPGE-Aquapole

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

Coen M. (1974): Le Frasnien de la Bordure orientale du Bassin de Dinant. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 97; pp. 67-103

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

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 Magnée I (1932): Introduction à la géologie de la région de Barvaux-sur-Ourthe. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 55. B251-313.

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>

Droeven E., Feltz C. & Kummert M. (2004): Les territoires paysagers de Wallonie. *Conférence permanente du développement territorial, Etudes et Documents 4, Service public de Wallonie*, Namur, pp 74.

ECOFOX (2007a): Essai de multitraçage dans le cadre de l'établissement des zones de prévention. Prise d'eau de Hamois (Scy): Scy G1 (SWDE) et En Veneux G1 (AIEC). SWDE/SCY/2007/02. 15 pp + annexes.

ECOFOX (2007b): Modélisation mathématique des écoulements et du transport dans le cadre de l'établissement des zones de prévention. Prise d'eau de Hamois (Scy): Scy G1 (SWDE) et En Veneux G1 (AIEC). SWDE/SCY/2007/03. 30 pp + annexes.

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.

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>

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

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.

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

Poty E., Hance L., Lees A. & Hennebert M. (2002): Dinantian lithostratigraphy units (Belgium). In Bultynck & Dejonghe, eds., *Guide to a revised lithostratigraphic scale of Belgium*. *Geologica Belgica*, 4, 1-2 : 69-94

Ruthy I. & Dassargues A. (2006). Carte hydrogéologique de Wallonie, Maffe-Grandhan. 1:25000. Namur, Service Public de Wallonie, Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement, 1 notice explicative de 44 p. Première version (juillet 2006)

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 (2005): Type et nature de l'aquifère alimentant les ouvrages de prise d'eau de Durbuy (Bois de Borlon G1). Synthèse de l'étude géologique et hydrogéologique. Service Protection des Ressources et Captages. 7 pp. Décembre 2005

SWDE (2006): Réalisation de quatre puits de reconnaissance (PR1 à PR4) et de deux piézomètres (Pz1 et Pz2) dans le cadre de l'étude des zones de prévention des prises d'eau, Scy G1 (SWDE) et En Veneux E1 (AIEC) à Hamois (Scy). Service Protection des Ressources et Captages. Rapport technique n°182.

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

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/>
- **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/>
- **SGB:** Service Géologique de Belgique.
Département VII de l'Institut royal des Sciences Naturelles de Belgique
Rue Jenner, 13 à 1000 BRUXELLES
<http://www.sciencesnaturelles.be/geology>
- **SPAQuE:** Société Publique d'Aide à la Qualité de l'Environnement
Boulevard d'Avroy, 38/6 à 4000 LIEGE
<http://www.spaque.be> <http://www.walsols.be/>
- Service Public de Wallonie (**SPW**)
Depuis le 1^{er} août 2008, Ministère wallon de l'Équipement et des Transports et le Service public de Wallonie ont fusionné pour donner naissance au **Service public de Wallonie**. Ainsi la DGRNE est reprise dans la Direction générale opérationnelle 3 (DGO3) dont les domaines de compétences sont l'Agriculture, les Ressources naturelles et l'Environnement. La Direction des Eaux Souterraines est incluse dans le Département de l'Environnement et de l'Eau.
DGO3 - Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGARNE)
Département de l'Environnement et de l'Eau
Direction des Eaux souterraines (**DESO**) & Direction des Eaux de Surface
Avenue Prince de Liège, 15 à 5100 Jambes
<http://environnement.wallonie.be/> - <http://aqualim.environnement.wallonie.be>
DGO2: Direction générale opérationnelle de la Mobilité et des Voies hydrauliques – **SETHY:**
Direction des voies hydrauliques (D.G.2) - Division des Études et des Programmes- Direction des Etudes hydrologiques et des Statistiques + service d'études hydrologiques (SETHY)(D.212).
Boulevard du Nord, 8 à 5000 NAMUR
Depuis le 1^{er} août 2008, ce service fait partie de la Direction Générale Opérationnelle Mobilité et Vois Hydrauliques (DGO2), Département des études et de l'appui à la gestion.

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

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

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

DGO4: Direction générale opérationnelle - Aménagement du territoire, Logement, Patrimoine et 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 Maffe-Grandhan	5
Figure II.1: Territoires paysagers – Maffe-Grandhan	6
Figure II.2: Relief et bassins-versants - Maffe-Grandhan	7
Figure II.3: Carte de l'occupation du sol - Maffe-Grandhan	9
Figure II.4: Carte des types de sol – Maffe-Grandhan.....	10
Figure III.1: Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2011; modifié).....	11
Figure III.2: Schéma de l'écorché du socle de la carte Maffe-Grandhan.....	17
Figure IV.1: Principaux aquifères de Wallonie – Carte de Maffe-Grandhan (SPW-DGO3, 2014; modifié)	18
Figure IV.2: Entités hydrogéologiques de la carte Maffe-Grandhan.....	26
Figure IV.3: Condroz: contexte hydrogéologique – Maffe-Grandhan.....	27
Figure IV.4: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires carbonifères - Synclinal de Jeneffe-Miécret	28
Figure IV.5: Mise en relation des fluctuations piézométriques mesurées avec l'eau utile (ruissellement + infiltration) mensuelle calculée (Puits Miécret, Synclinal de Clavier, Bassin du Hoyoux)(d'après Brouyère et al, 2009).....	29
Figure IV.6: Contexte hydrogéologique et localisation des galeries et piézomètres du site 'Scy & En Veneux' (synclinal de Barvaux-Condroz - Méan). Tracé géologique modifié au nord du site selon étude ECOFOX (2007b)	30
Figure IV.7: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires carbonifères - Synclinal de Barvaux-Condroz - Méan	31
Figure IV.8: Contexte hydrogéologique et localisation des ouvrages souterrains du site de captage de Buzin (galerie et piézomètres) et des puits privés à proximité (synclinal de Barvaux-Condroz – Méan).....	33
Figure IV.9: Contexte hydrogéologique et karstique autour de la source de Bassinnes (Synclinal de Barvaux-Condroz - Méan) – Cartes Maffe-Grandhan & Modave-Clavier.....	35
Figure IV.10: Interactions entre eaux de surface et eaux souterraines - MESO RWM021 sur la carte Maffe-Grandhan (d'après Brouyère <i>et al.</i> , 2009).....	37
Figure IV.11: Piézométrie calculée (résultats du modèle calibré, à l'échelle régionale, pour l'année 2006, d'après Leroy et al, 2010).....	38
Figure IV.12: Transition Condroz-Famenne: contexte hydrogéologique – Maffe-Grandhan	39
Figure IV.13: Fluctuations piézométriques de trois puits de la zone de transition Condroz-Famenne	40
Figure IV.14: Bande discontinue Philippeville-Durbuy: contexte hydrogéologique et phénomènes karstiques – Maffe-Grandhan	42
Figure IV.15: Dépression de la Famenne: contexte hydrogéologique – Maffe-Grandhan.....	43
Figure IV.16: Localisation du captage de Moressée (galerie drainante de l'AIEC)	45
Figure V.1: Masses d'eau souterraine – Maffe-Grandhan	49
Figure V.2: Zones vulnérables aux nitrates – Maffe-Grandhan.....	55
Figure V.3: Evolution des concentrations en nitrates dans les eaux captées sur la carte Maffe-Grandhan – Aquifère de calcaires du Carbonifère – RWM021	56
Figure V.4: Evolution des concentrations en nitrates dans les eaux captées sur la carte Maffe-Grandhan – Aquifère des grès du Famennien et Aquiclude du Frasnien – RWM023.....	57
Figure V.5: Pesticides en Région wallonne (ICEW, 2012; carte 19 modifiée)	59
Figure VI.1: Volumes prélevés pour la distribution publique d'eau potable - Aquifère des calcaires du Carbonifère – Maffe-Grandhan	61

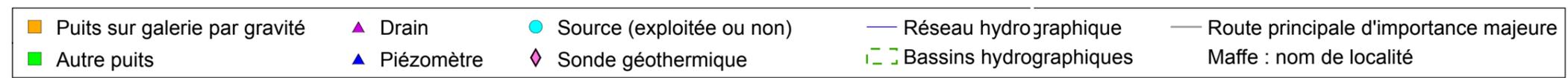
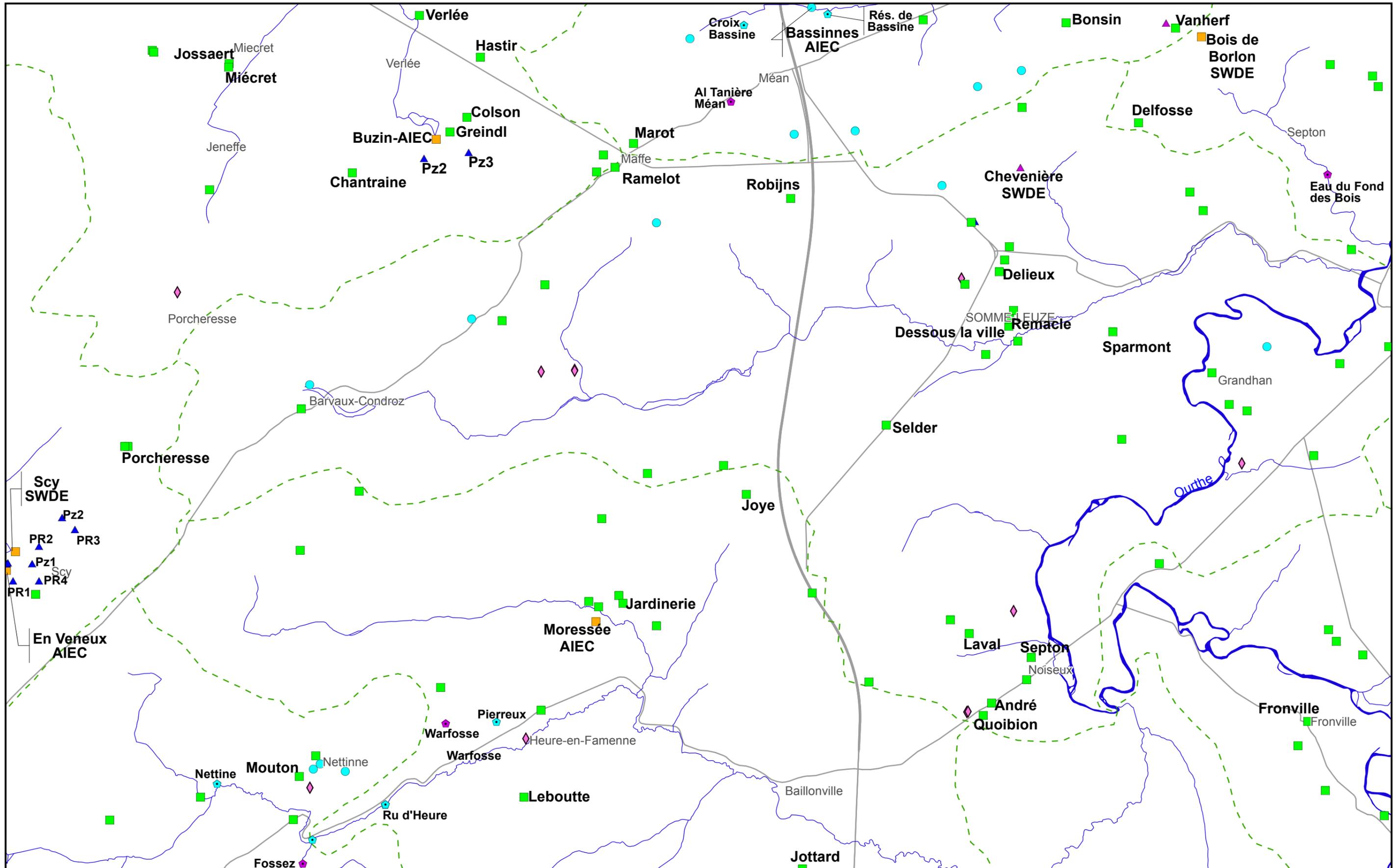
Figure VI.2: Volumes prélevés pour la distribution publique d'eau potable - Aquifère des grès du Famennien – Maffe-Grandhan	62
Figure VI.3: Volumes prélevés pour la distribution publique d'eau potable –Aquiclude du Frasnien – Maffe-Grandhan	62
Figure VII.1: Localisation des sites avec des tests de pompages et/ou traçages sur la carte Maffe-Grandhan	65
Figure VII.2: Site de captage 'Scy - En Veneux': essais de pompage et de traçage	66
Figure VII.3: Site de captage de Buzin: essais de pompage et de traçage.....	69
Figure VIII.1: Zones de prévention arrêtées autour du captage 'Bois de Borlon G1' – SWDE	74
Figure VIII.2: Zones de prévention situées sur la carte Maffe-Grandhan	75

Liste des tableaux

Tableau II.1: Répartition de l'occupation du sol – Maffe-Grandhan	8
Tableau IV.1: Tableau de correspondance entre la géologie et l'hydrogéologie - Maffe-Grandhan.....	25
Tableau IV.2: Paramètres 'Pluie, Ruissellement & Infiltration' du bilan hydrologique – Site 'Scy & En Veneux' (ECOFOX, 2007b)	29
Tableau IV.3: Puits avec mesure piézométrique - Transition Condroz-Famenne	40
Tableau IV.4: Puits avec mesure piézométrique – Dépression de la Famenne.....	44
Tableau V.1: Etat des masses d'eau souterraines de la carte Maffe-Grandhan	49
Tableau V.2: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère – Condroz - Maffe-Grandhan	50
Tableau V.3: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des grès du Famennien – Condroz - Maffe-Grandhan	51
Tableau V.4: Caractéristiques hydrochimiques des unités hydrogéologiques du Famennien de la transition Condroz-Famenne – Maffe-Grandhan	52
Tableau V.5: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires dévoniens du bassin de Dinant (Aq12)(SPW-DGO3, 2014)	53
Tableau V.6: Caractéristiques hydrochimiques des aquicludes du Famennien et du Frasnien – Dépression de la Famenne – Maffe-Grandhan	54
Tableau V.7: Paramètres microbiologiques des eaux souterraines de la carte Maffe-Grandhan	58
Tableau V.8: Principaux pesticides analysés dans les eaux souterraines de la carte Maffe-Grandhan.....	59
Tableau VI.1: Volumes prélevés en 2013 pour la distribution publique d'eau potable, par titulaire et par unité hydrogéologique – Maffe-Grandhan	60
Tableau VII.1: Valeurs du coefficient de perméabilité en fonction de la granulométrie (Castany, 1998)	63
Tableau VII.2: Intervalles de valeurs indicatives pour la conductivité hydraulique de différentes lithologies (échelles macroscopique & mégascopique) (Dassargues, 2010)	64
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)	64
Tableau VII.4: Caractéristiques des essais de pompage - Valeurs des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère à Hamois (SWDE, 2006)	66
Tableau VII.5: Caractéristiques des injections et des restitutions du test de traçage sur le site de Scy - En Veneux (ECOFOX, 2007a)	67
Tableau VII.6: Paramètres de transport obtenus par modélisation analytique de la courbe de restitution du naphthionate - Site de Scy-En Veneux (ECOFOX, 2007a)	67
Tableau VII.7: Caractéristiques des essais de pompage - Valeurs des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère à Buzin (BCG, 2015)	68

Tableau VII.8: Caractéristiques des injections et des restitutions du test de traçage sur le site de Buzin (BCG, 2015).....	69
Tableau VII.9: Paramètres de transport obtenus par modélisation analytique des courbes de restitution - Site de Buzin (BCG, 2015)	70
Tableau VII.10: Caractéristiques des restitutions du traçage sur le site de Bassinnes (BCG, 2014b)	70
Tableau VIII.1: Captages soumis à zone de prévention mais non encore définies – AIEC – Maffe-Grandhan	73
Tableau VIII.2: Captages soumis à zone de prévention mais non encore définies – SWDE – Maffe-Grandhan	74

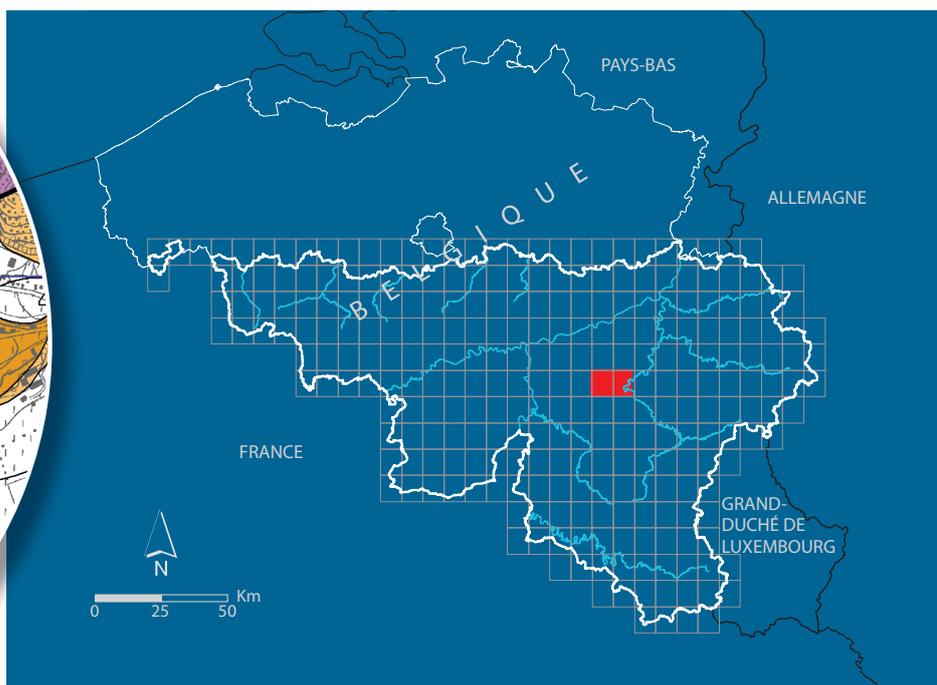
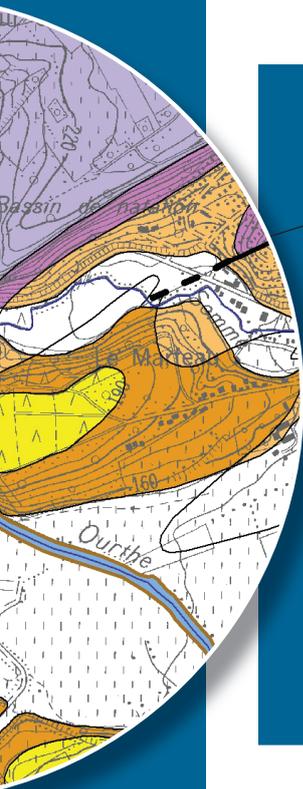
ANNEXE 3: CARTE DE LOCALISATION



ANNEXE 4: COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE

Nom	Code RW	Identifiant RW	X(m)	Y(m)	Z(m)	Type	Prof.(m)
Miécret	4877028	19552	212595	117435	273,96	Puits foré	40
Jossaert	4877006	18175	212600	117476	273,54	Puits foré	50
Verlée	5432006	18680	214795	118030	272,44	Puits foré	44
Scy – SWDE	5434001	3602	210134	111846	281,83	Galerie	
En Veneux – AIEC	5434002	5776	210029	111630	284,84	Galerie	
Pz1 – Scy-En Veneux			210327	111707	306,72	Puits foré	29
Pz2 – Scy-En Veneux			210672	112240	290,91	Puits foré	15
PR1 – Scy-En Veneux			210107	111508	302,46	Puits foré	29
PR2 – Scy-En Veneux			210406	111909	296,5	Puits foré	26
PR3 – Scy-En Veneux			210821	112101	295,74	Puits foré	22
PR4 – Scy-En Veneux			210405	111510	317,63	Puits foré	44
FS1 – Scy-En Veneux			210033	111704	283,17	Puits foré	1,48
FS2 – Scy-En Veneux			210047	111718	283,2	Puits foré	1,59
Porcheresse	4877020	19026	211395	113060	292	Puits foré	34,5
Colson	5432005	18896	215345	116857	310	Puits foré	35
Greindl	5432003	121	215149	116688	302	Puits foré	20
Buzin – AIEC	5432001	4137	214989	1166001	280	Galerie	
Pz1 – Buzin (remblayé)			214955	116324	282,6	Puits foré	16
Pz2 - Buzin	5432004	58853	214848	116381	288,95	Puits foré	22
Pz3 - Buzin	5433004	58854	215364	116452	300,4	Puits foré	40,2
Bassinnes source – AIEC	5441002	7963	219322	118123	265	Source	
Perte de Méan (Al Tanière)			218390	117040	295	Perte	
Croix de Bassine			218540	117920	280	Source (résurgence?)	
Résurgence des Etangs de Bassinne			219500	118050	265	Résurgence	
Bois de Borlon – SWDE	5443001	5365	223820	117785	305	Galerie	
Chevenière – SWDE	5442001	1418	221731	116278	231,8	Drain	
Bonsin	5442012	17985	222258	117946	296	Puits foré	52
Vanherf	5443004	3496	223520	117885	302	Puits foré	28
Delfosse	5442006	3868	223093	116793	310	Puits foré	60
Robijns	4877015	18660	219080	115920	292	Puits foré	80
Delieux	5442011	19760	221487	115075	232,5	Puits traditionnel	4

Remacle	5445018	18659	221606	114527	186,3	Puits foré	40
Joye	5444002	18842	218569	112507	242,7	Puits foré	81
Eau du Fond du Bois			225275	116200	190	Perte	
Warfosse			215100	109865	235	Perte	
Fossez (Ecluse)			213450	108250	211	Perte	
Pierreux			215685	109885	205	Résurgence	
Nettine			212460	109170	235	Résurgence	
Ru d'Heure			214400	108925	200	Résurgence	
Moressée – AIEC	5439001	6676	216832	111038	194	Galerie	
P-André	5448008	18731	221398	110098	212,3	Puits traditionnel	7
P-Laval	5448006	18441	221139	110900	180,1	Puits traditionnel	6
P-Mouton	5438005	19260	213410	109252	205	Puits traditionnel	
P-Selder	5444001	19744	220182	113304	217,6	Puits traditionnel	3,9
P-Sparmont	545023	18809	222798	114382	175	Puits foré	47
P-Jardinerie	5481012	18942	217145	111250	200,5	Puits foré	40
P-Leboutte	5439005	19426	216002	109013	242,35	Puits foré	63
P-Jottard	5481011	19478	219216	108185	194,5	Puits foré	45
P-Hastir			215500	117550	310	Puits foré	48
P-Chantraine	5432002	6298	214021	116216	316	Puits foré	47
P-Ramelot	4877018	18883	217053	116280	332	Puits foré	41
P-Marot			217266	116555	330	Puits foré	45
P-Dessous la Ville	5445017	18658	221596	114447	190	Puits foré	60
P-Fronville	5449002	6109	225046	109886	174	Puits foré	45
P-Quoibion	5448003	17731	221301	109954	212	Puits traditionnel	7
P-Septon	5448005	17932	221855	110626	175	Puits traditionnel	3



SPW | Éditions, CARTES

Dépôt légal : D/2015/12.796/10 – ISBN : 978-2-8056- 0186-6

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