

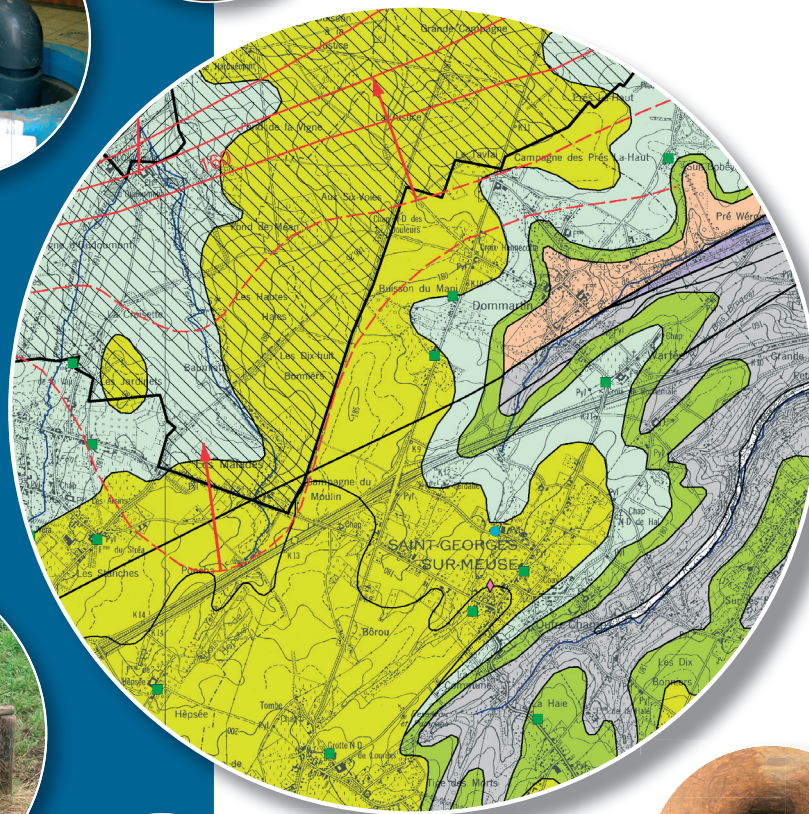
JEHAY-BODEGNÉE – SAINT-GEORGES-SUR-MEUSE

41/7-8

Notice explicative

CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE WALLONIE

Echelle : 1/25 000



Wallonie

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 Jehay-Bodegnée – Saint-Georges-sur-Meuse



JEHAY-BODEGNEE — SAINT-GEORGES-SUR-MEUSE

41/7-8

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

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



NOTICE EXPLICATIVE

2010

Première édition : Mai 2003
Actualisation partielle : Décembre 2010

Dépôt légal – D/2010/12.796/8 - ISBN : 978-2-8056-0076-0

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

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

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

AVANT-PROPOS	4
I. INTRODUCTION	5
II. CADRES GEOGRAPHIQUE, HYDROGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET PEDOLOGIQUE	6
III. CADRE GEOLOGIQUE	12
III.1. CARTE GEOLOGIQUE REGIONAL	12
III.2. CARTE GEOLOGIQUE DE LA CARTE	13
III.2.1. CADRE LITHO-STRATIGRAPHIQUE	13
III.2.1.1. Formations du Paléozoïque	13
III.2.1.2. Formations du Mésozoïque	17
III.2.1.3. Formations du Cénozoïque	19
III.2.2. CADRE STRUCTURAL	21
IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE	24
IV.1. DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES	25
IV.1.1. UNITE HYDROGEOLOGIQUE DU CAMBRO-SILURIEN	25
IV.1.1.1. Aquiclude du socle cambro-silurien	25
IV.1.2. UNITES HYDROGEOLOGIQUES DU DEVONIEN	25
IV.1.2.1. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	25
IV.1.2.2. Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur	25
IV.1.2.3. Aquitard de l'Eifelien	25
IV.1.2.4. Aquifère des calcaires du Frasnien	25
IV.1.2.5. Aquiclude du Famennien	26
IV.1.2.6. Aquifère des grès du Famennien	26
IV.1.3. UNITES HYDROGEOLOGIQUES DU CARBONIFERE	26
IV.1.3.1. Aquifère des calcaires du Carbonifère	26
IV.1.3.2. Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller	27
IV.1.4. UNITES HYDROGEOLOGIQUES DU CRETACE	28
IV.1.4.1. Aquiclude des marnes du Campanien	28
IV.1.4.2. Aquifère des craies du Crétacé	28
IV.1.5. UNITES HYDROGEOLOGIQUES DU CENOZOÏQUE	29
IV.1.5.1. Aquifère des sables de l'Oligocène	29
IV.1.5.2. Aquitard des limons	29
IV.1.5.3. Aquifère alluvial	29

IV.2. DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE DE LA CARTE	31
IV.2.1. AQUIFERE DES CRAIES DE HESBAYE	31
IV.2.2. AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE	36
IV.2.3. AQUICLUDE A NIVEAUX AQUIFERES DU HOULLER	39
IV.2.4. AQUIFERE DES CALCAIRES DU CARBONIFERE	43
IV.2.5. AUTRES UNITES HYDROGEOLOGIQUES	55
<i>Aquifère des grès du Famennien</i>	55
<i>Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur</i>	55
IV.2.6. COUPE HYDROGEOLOGIQUE	56
IV.2.7. PIEZOMETRIE DE LA CARTE JEHAY-BODEGNEE - SAINT-GEORGES	57
V. CADRE HYDROCHIMIQUE	59
V.1. CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX	61
V.1.1. AQUIFERES DES CRAIES DE HESBAYE	61
V.1.2. AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE	62
V.1.3. AQUICLUDE A NIVEAUX AQUIFERES DU HOULLER	64
V.1.4. AQUIFERE DES CALCAIRES DU CARBONIFERE	65
V.1.5. AQUIFERE DES GRES DU FAMENNIEN	65
V.2. PROBLEMATIQUE DES NITRATES	66
V.2.1. AQUIFERE DES CRAIES DE HESBAYE	67
V.2.2. AUTRES UNITES HYDROGEOLOGIQUES	69
V.3. QUALITE BACTERIOLOGIQUE	69
V.4. PESTICIDES	70
V.5. AUTRES PARAMETRES	71
VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES	72
VI.1. AQUIFERE DES CRAIES DU CRETACE	72
VI.2. AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE	73
VI.3. AQUIFERE DES CALCAIRES DU CARBONIFERE	73
VI.4. AQUICLUDE A NIVEAUX AQUIFERES DU HOULLER	73
VII. PARAMETRES D'ECOULEMENT ET DE TRANSPORT	74
VII.1. AQUIFERE DES CRAIES DU CRETACE	74
VII.2. AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE	76
VII.3. AQUIFERE DES CALCAIRES DU CARBONIFERE	77

VIII. ZONES DE PROTECTION	79
VIII.1. CADRE LEGAL	79
VIII.2. ZONES DE PREVENTION DES GALERIES DE LA CILE EN HESBAYE	82
VIII.3. ZONES DE PREVENTION DES CAPTAGES D'AMAY DE LA SWDE	83
VIII.4. ZONES DE PREVENTION A DEFINIR	84
IX. METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE	85
IX.1. ORIGINE DES INFORMATIONS	85
IX.1.1. DONNEES GEOLOGIQUES ET CONNEXES	85
IX.1.2. DONNEES METEOROLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES	86
IX.1.3. DONNEES HYDROGEOLOGIQUES	86
IX.1.3.1. Localisation des ouvrages	86
IX.1.3.2. Données piézométriques	86
IX.1.3.3. Données hydrochimiques et tests sur les puits	87
IX.1.4. AUTRES DONNEES	87
IX.2. BASE DE DONNEES HYDROGEOLOGIQUES	88
IX.3. POSTER DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE	88
IX.3.1. CARTE HYDROGEOLOGIQUE PRINCIPALE	89
IX.3.2. CARTE DES INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES ET DU CARACTERE DES NAPPES	89
IX.3.3. CARTE DES VOLUMES D'EAU PRELEVES	90
IX.3.4. CARTE DES ISOHYPSES DE LA BASE ET DU TOIT DE L'AQUIFERE DES CRAIES DU CRETACE	91
IX.3.5. TABLEAU DE CORRESPONDANCE 'GEOLOGIE-HYDROGEOLOGIE'	91
IX.3.6. COUPES HYDROGEOLOGIQUES	91
X. BIBLIOGRAPHIE	93
ANNEXE 1: LISTE DES ABREVIATIONS DES INSTITUTIONS ET ORGANISMES	98
ANNEXE 2: TABLE DES ILLUSTRATIONS	100
ANNEXE 3: CARTE DE LOCALISATION	102
ANNEXE 4: COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE	103

Avant-propos

La carte hydrogéologique Jehay-Bodegnée - Saint-Georges-sur-Meuse (41/7-8) a été commandée par le Service public de Wallonie. 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 édition de cette carte date de mai 2003. Une actualisation partielle a été réalisée en 2010 (novembre 2010). Cette actualisation prend uniquement 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, Direction des eaux souterraines). 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. Par manque de temps, une collecte exhaustive n'a pas été menée.

Les auteurs de la carte hydrogéologique remercient vivement Eric Goemaere (Service Géologique de Belgique), Jean-Michel Compère (CILE), Julie Bastien (UMons) pour leur relecture attentive et constructive de la carte et sa notice. Nous remercions pour la fourniture de nombreuses données les bureaux d'études actifs dans le domaine de l'environnement, les compagnies d'eau (SWDE, CILE), les services administratifs (communaux et régionaux) ainsi que diverses sociétés. Un remerciement particulier à messieurs Emmanuel Bolland (Carrières et Fours à Chaux Dumont-Wautier s.a., groupe Lhoist), Laurent Barchy (Carmeuse s.a.), Thierry Garnavault (Prayon s.a.), Luc Funcken (Direction de la Géotechnique-SPW) et Stéphane Barlet (Voies hydrauliques-SWP), Jean-Pierre Drevet et Fabian Stassen (ISSeP).

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

La carte hydrogéologique est basée sur un maximum de données géologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques disponibles auprès de divers organismes. Elle a pour objectif d'informer de l'extension, de la géométrie et des caractéristiques hydrogéologiques, hydrodynamiques et hydrochimiques des nappes 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, trois cartes thématiques, une coupe géologique et une coupe hydrogéologique, et un tableau litho-stratigraphique sont présentés.

Les données utilisées pour la réalisation de la carte ont été encodées dans une base de données sous le format «Access - Microsoft» (Personal GeoDataBase) qui a été remise à la Direction des Eaux Souterraines (Département de l'Environnement et de l'Eau, DGO3 DGARNE, SPW).

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

I. INTRODUCTION

La région de Jehay-Bodegnée - Saint-Georges se situe à l'ouest de la ville de Liège (figure I.1). Plusieurs unités hydrogéologiques se distinguent sur la carte étudiée. Au nord, la partie méridionale de l'aquifère des craies de Hesbaye, exploité par les compagnies de distribution d'eau pour l'alimentation de l'agglomération liégeoise. Au sud-est, la nappe logée dans les alluvions de la Meuse présente un intérêt non négligeable ; de nombreuses industries y ont implanté des forages. Les terrains du Paléozoïque renferment aussi, parfois localement, des niveaux aquifères. Ils sont peu exploités au droit de la planchette Jehay-Bodegnée - Saint-Georges.

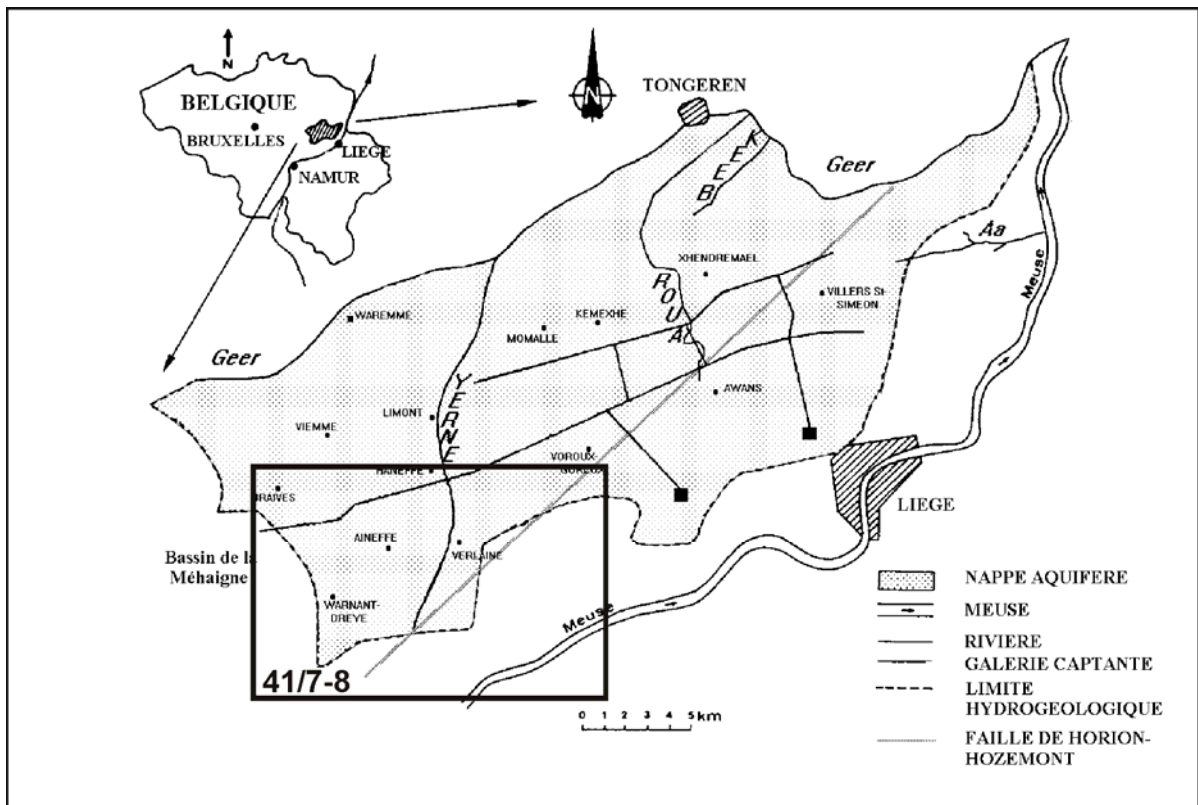


Figure I.1: Localisation de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges (41/7-8)

II. CADRES GEOGRAPHIQUE, HYDROGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET PEDOLOGIQUE

La moitié septentrionale de la carte de Jehay-Bodegnée - Saint-Georges appartient géographiquement à la Hesbaye sèche. Le plateau hesbignon présente une surface topographique en pente douce vers le NNW dont l'altitude est comprise, au droit de la carte étudiée, entre 206 m et 145 m.

La partie sud de la carte est occupée par la vallée de la Meuse, qui traverse la zone de la carte suivant une direction SW-NE. La largeur de la plaine alluviale varie entre 300 m et 1000 m (à hauteur de Hermalle-sous-Huy). Son altitude est de l'ordre de 65-70 m.

Quelques terrasses ont été observées ; en rive gauche, au lieu-dit « La Crâne » (Aigremont), une haute terrasse dont le niveau de base est situé à une altitude d'environ 148 m. En rive droite, sur le plateau d'Engihoul, une haute terrasse a été observée, avec une cote de base de 170,5 m (Bonnechère et *al.*, 2006)

Au sud-est de la carte, débute le plateau du Condroz (altitude : 240 m).

La carte de Jehay-Bodegnée - Saint-Georges est partagée en trois bassins hydrographiques principaux (figure II.1):

- le bassin du Geer est représenté par son affluent, la Yerne, qui prend sa source au sud-est de Verlaine. Ce bassin-versant occupe 37,2 km², soit 23 % de la zone étudiée. De plus, de nombreuses vallées sèches de directions générales S-N, SW-NE et SE-NW, définissent un réseau hydrographique fossile conduisant à un relief très typique, constitué d'une succession de crêtes et de dépressions largement arrondies.
- à l'ouest, le bassin de la Meuse occupe une superficie de 27,1 km², soit 17 % de la carte.
- le bassin de la Meuse couvre 95,7 km² soit 60 % de la carte. De nombreuses rivières se jettent dans la Meuse. Les plus importantes sont ; en rive gauche, le ruisseau des Awirs, le ruisseau de Flône et le ruisseau de la Paix-Dieu, et en rive droite, les ruisseaux d'Engihoul et de Paviomont.

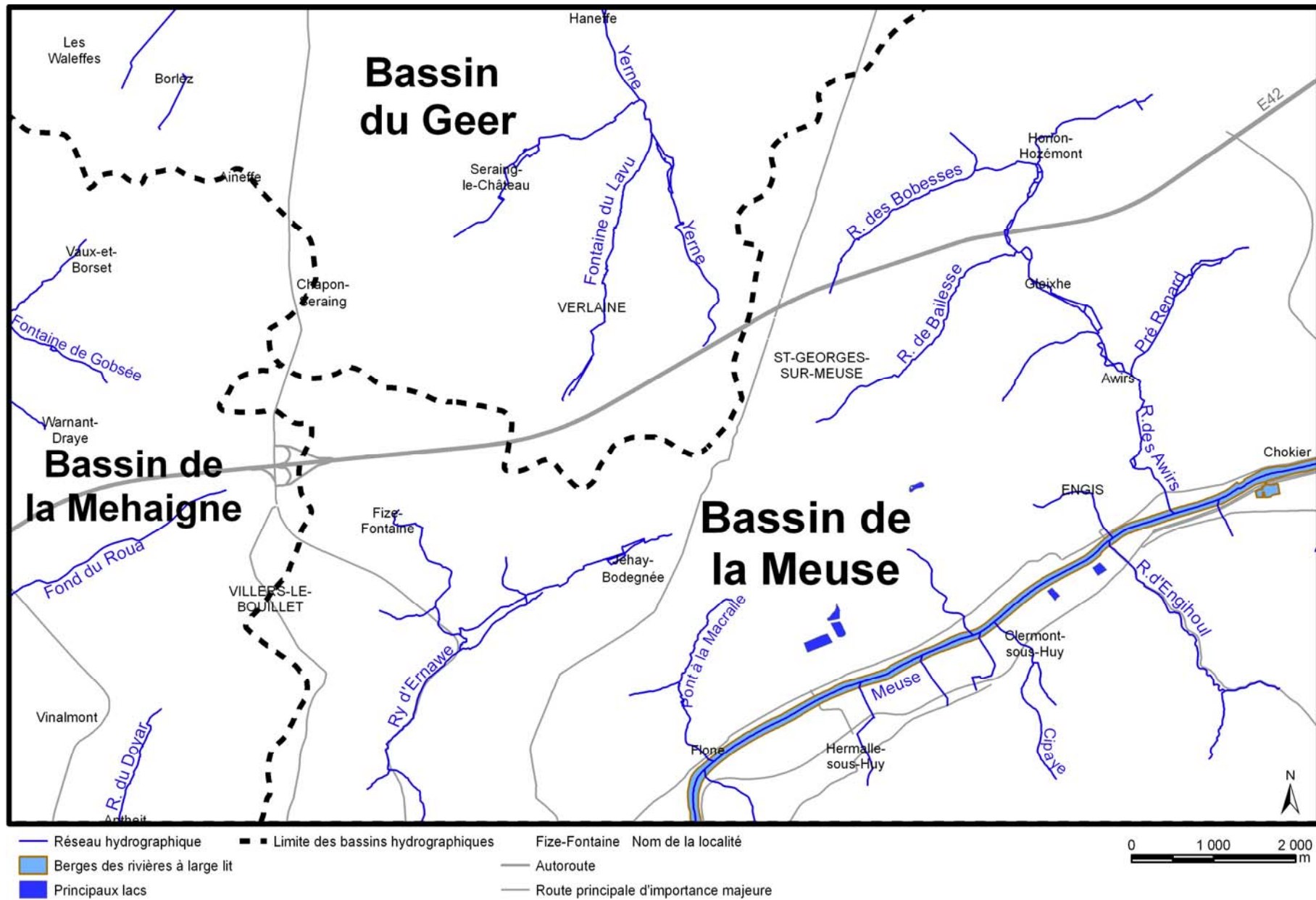


Figure II.1: Bassins hydrographiques de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges

Les figures II.3 et II.2 présentent, respectivement, la carte d'occupation du sol de la région de Jehay-Bodegnée - Saint-Georges et la répartition selon les 6 classes du niveau 1. Ces données sont extraites de la carte numérique de l'occupation du sol wallon¹. La classe dominante est représentée par les territoires agricoles dont les terres arables (cultures annuelles) occupent la majorité de l'espace. Les surfaces enherbées telles les prairies et les cultures permanentes (dont les vergers) sont répartis davantage à proximité des noyaux d'habitat. Les territoires artificialisés, comprenant tant les ilots urbains que les espaces d'activité économique, sont localisés essentiellement dans la vallée de la Meuse. Sur le plateau de Hesbaye, l'habitat était à l'origine groupé en villages lâches. Cependant, la périurbanisation, liée à la proximité des grandes agglomérations (telles que Liège) a profondément modifié cette répartition. On observe, aujourd'hui, une densification importante des villages et un étalement le long des axes routiers (Droeven et *al.*, 2004). Parmi les zones classées dans les territoires artificialisés, on peut observer, dans le nord-est de la carte, la zone de l'aéroport de Liège-Airport (Bierset). Les zones d'extraction (carrières) sont également intégrées à cette catégorie (vallée de la Meuse: carrières de Flône appartenant de Lhoist-Dumont-Wautier à Flône & carrière du Lion à Engis, du groupe Carmeuse).

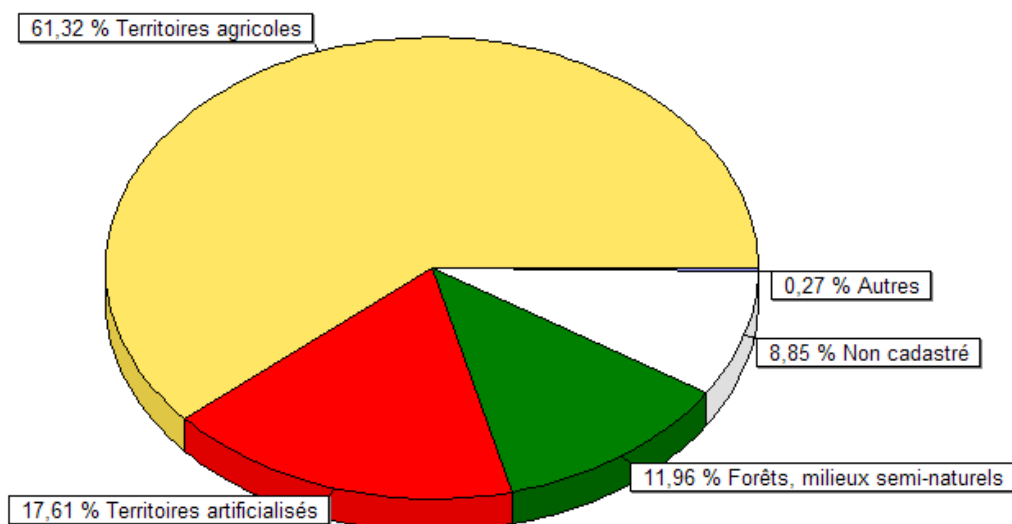


Figure II.2: Répartition de l'occupation du sol - Niveau 1 - Carte 41/7-8

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

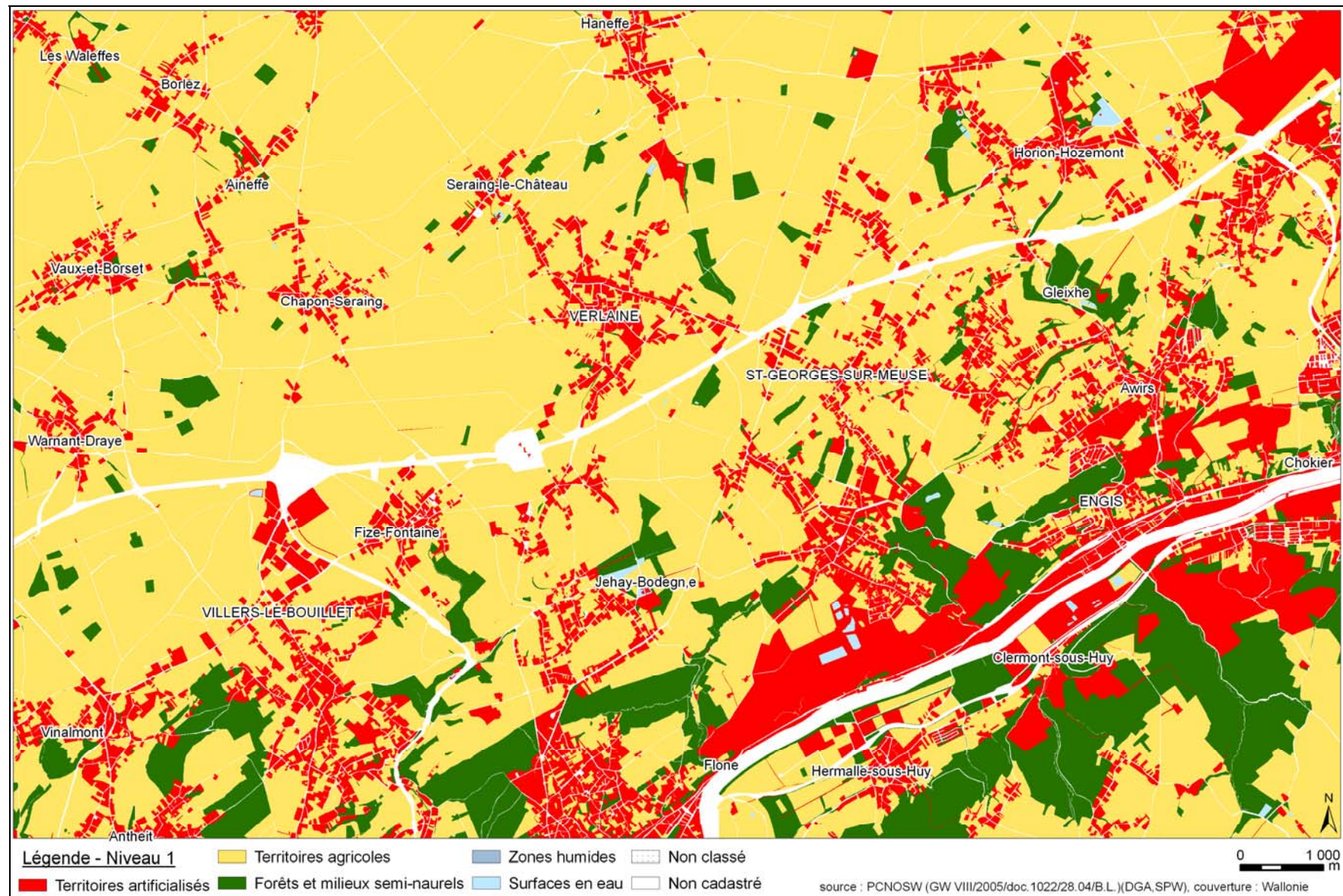


Figure II.3: Carte d'occupation du sol - Jehay-Bodegnée - Saint-Georges 41/7-8

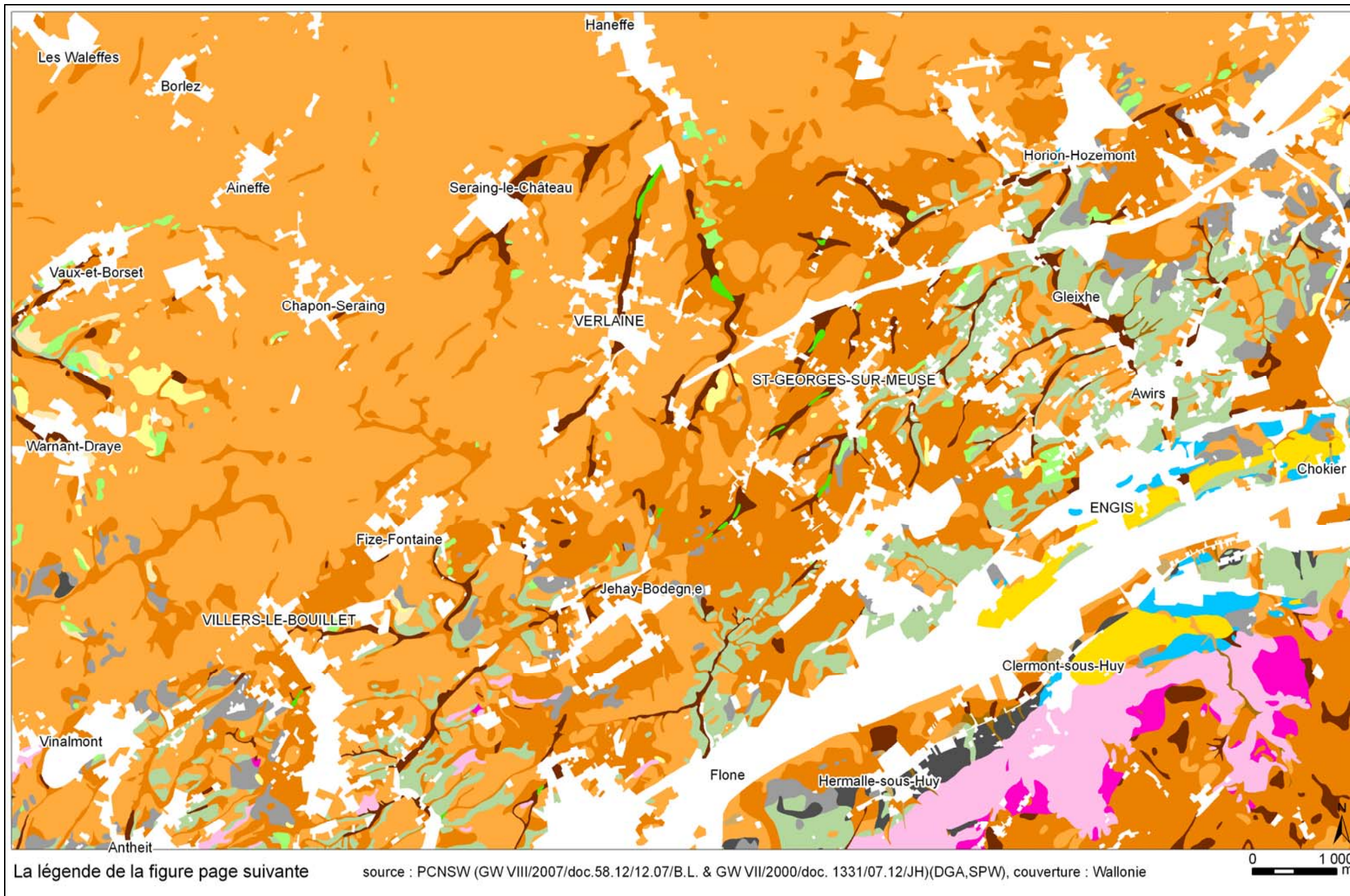


Figure II.4: Carte des sols - Jehay-Bodegnée - Saint-Georges 41/7-8



















	Sols sableux ou limono-sableux à drainage naturel excessif ou légèrement excessif
	Sols sablo-limoneux à drainage naturel principalement favorable
	Sols limoneux à drainage naturel favorable
	Sols limoneux à drainage naturel modéré ou imparfait
	Sols limoneux à drainage naturel assez pauvre à très pauvre
	Sols 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 schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel favorable
	Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel modéré à assez pauvre
	Sols limono-caillouteux à charge schisteuse et à drainage naturel principalement favorable
	Sols limono-caillouteux à charge psammitique ou schisto-psammitique et à drainage naturel principalement favorable
	Sols limono-caillouteux à charge calcaire ou contenant du calcaire et à drainage naturel quasi-exclusivement favorable
	Sols limono-caillouteux à charge de silexite ou de gravier ou de conglomérat et à drainage naturel principalement favorable
	Sols limono-caillouteux à charge crayeuse et à drainage naturel 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

Figure II.5: Légende de la carte des sols - 41/7-8

Les différents types de sols répertoriés sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges sont présentés aux figures II.4 et II.5 (légende). La carte des sols reflète assez bien la géologie locale. Les grandes régions géomorphologiques et structurales sont aisément identifiables. Les sols limoneux à drainage naturel favorable et à drainage modéré à imparfait sont essentiellement situés sur le plateau hesbignon. Ils occupent, respectivement, environ 43 et 21 % de la superficie de la carte étudiée. Les versants de la Meuse, où affleurent les roches du Paléozoïque, sont caractérisés par des sols limono-caillouteux à charge schisteuse et schisto-gréseuse. La classe regroupant les sols artificiels ou non cartographiés représente environ 20 % du territoire cartographié. Cette part non négligeable est due à l'importance des zones urbanisées (habitat, activités économiques, infrastructures routières et aériennes) et des voies d'eau.

III. CADRE GEOLOGIQUE

III.1. CARTE GEOLOGIQUE REGIONAL

La majorité de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges appartient à la Hesbaye (figure III.1). La géologie de cette région est caractérisée par des terrains du Mésozoïque et du Cénozoïque, faiblement inclinés vers le nord et reposant par une discordance sur le socle autochtone du Paléozoïque. Ce dernier, plissé lors de l'orogénèse varisque, a ensuite été pénéplané. Ce socle qui n'affleure que sur les versants de la vallée mosane et de quelques vallons adventifs, s'articule autour du Massif calédonien du Brabant flanqué au sud du Synclinorium de Namur, de la Bande de Sambre-et-Meuse et du Synclinorium de Dinant. La région est marquée par une importante faille de charriage, la faille du Midi ou faille eifélienne, qui charrie l'allochtone ardennais *lato sensu* dans une translation nord d'environ 15 à 20 km.

Le Mésozoïque de Hesbaye annonce une transgression marine septentrionale qui a déposé des sédiments crayeux. Il a son pendant méridional dans le Bassin de Mons dont il ne reprend que les étages les plus tardifs. Au cours du Cénozoïque, les dernières pulsations transgressives de la Mer du Nord déposent une succession de couches sableuses et argileuses en Flandre et en Wallonie jusque sur le plateau ardennais où subsistent des poches relictuelles. Au Quaternaire, une ultime surrection voir l'Ardenne définitivement émergée que l'érosion façonne en une nouvelle pénéplaine en même temps qu'un encaissement par saccades approfondit le lit de la Meuse dont les terrasses étagées sont les témoins. Enfin, la couverture superficielle est formée de limon parfois épais et, dans la zone de la carte, de dépôts éoliens (loess) plus ou moins marquées.

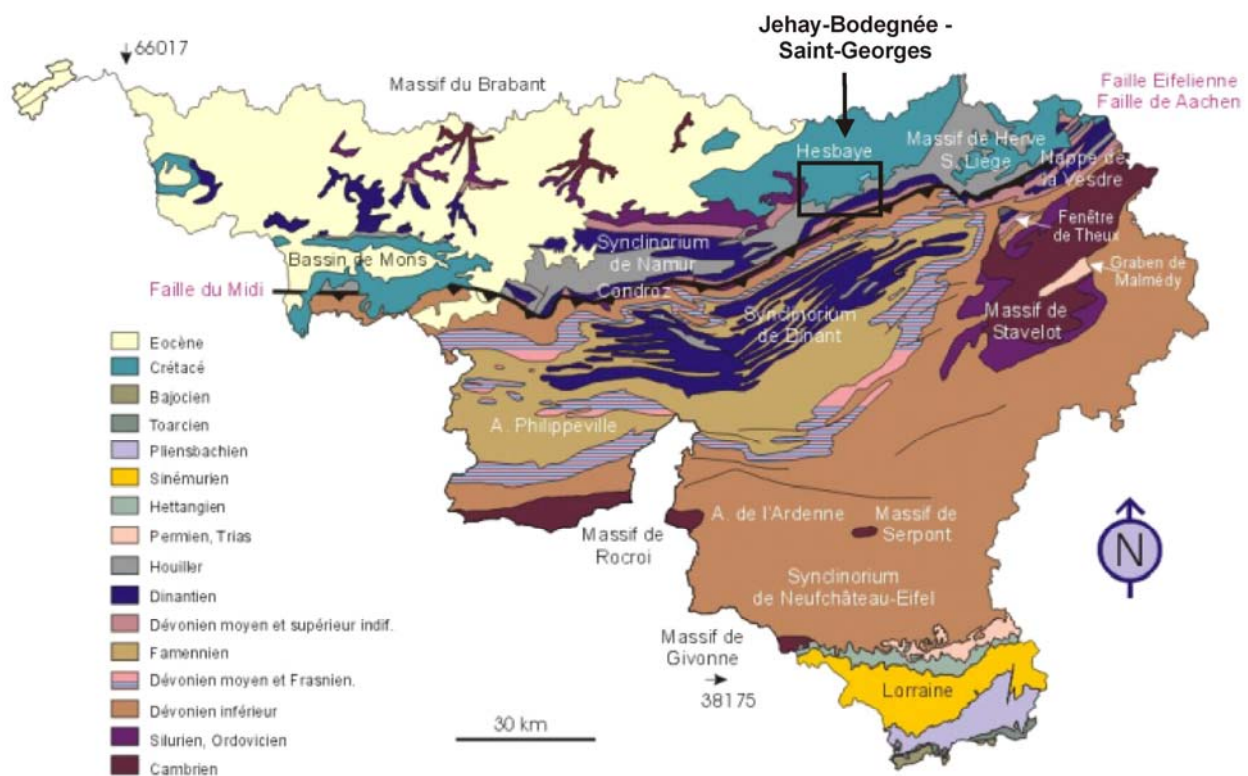


Figure III.1: Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2008; modifiée)

III.2. CARTE GEOLOGIQUE DE LA CARTE

Les formations géologiques rencontrées sur la carte de Jehay-Bodegnée - Saint-Georges sont constituées de roches s'échelonnant du Silurien au Crétacé. Le socle paléozoïque affleure dans la vallée de la Meuse et sur ses versants, tandis que les formations du Crétacé se rencontrent sur le plateau hesbignon, reposant sur le socle paléozoïque pénéplané. Ces formations sont surmontées par des sables cénozoïques ainsi que par des limons quaternaires. Ces formations, paléo- et mésozoïques, sont affectées de nombreuses failles.

Structuralement, la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges est relativement complexe. Sa partie septentrionale appartient à la bordure sud du Massif du Brabant qui s'enfonce sous les terrains du Synclinorium de Namur. Le coin sud-est de la carte appartient au Synclinorium de Dinant. Comprise entre ces deux grandes structures synclinales, on observe la Bande ordovico-silurienne du Condroz (appelée aussi 'Bande de Sambre-et-Meuse', 'Ride condruzienne', 'Bande Silurienne du Condroz'). D'importantes failles de charriage découpent ces unités structurales: Faille d'Horion-Hozémont ou Faille Bordière, Faille du Midi ou Faille Eifélienne.

III.2.1. Cadre litho-stratigraphique

A défaut d'une carte géologique récente, la description lithologique des formations fait référence à la carte n°133 de M.X.Stainier dressée en 1899. Cette carte géologique sert de fond à la carte hydrogéologique. A la demande du comité de lecture des nouvelles cartes géologiques, les dénominations utilisées, ici, n'ont pas été actualisées, la nouvelle échelle lithostratigraphique de la région n'ayant pas encore été établie.

Rappelons que, pour les anciennes cartes géologiques, l'unité de base est « l'assise », celle-ci constituant une unité chronostratigraphique, à la différence de la nouvelle édition où l'unité de base est la formation lithostratigraphique cartographiable à l'échelle de la carte. En outre, certains termes, anciens et locaux, ne sont plus très usités dans la terminologie actuelle (Dejonghe, 1998).

Psammité : mot utilisé jadis en Belgique pour désigner des grès micacés largement employés en construction. La forte proportion de paillettes de micas, disposées en lits parallèles, leur confère une aptitude à se débiter en feuillets.

Schiste : roche argileuse de la classe des lutites, consolidée, ayant pris une schistosité. Notons que le mot schiste a souvent été employé en français dans le sens de shale ; c'est le cas pour la carte Alleur-Liège. Les riches pélitiques affectées d'un feuillage parallèle à la stratification, comme la plupart des pélites du Houiller, sont des shales.

III.2.1.1. Formations du Paléozoïque

III.2.1.1.1 Silurien

Dans la moitié septentrionale de la carte (Massif du Brabant), les terrains siluriens constituent le socle sur lequel repose, en discordance, les dépôts mésozoïques et cénozoïques du plateau de Hesbaye. Cette pénéplaine post-varisque est faiblement inclinée vers le nord-est. De nombreuses

failles affectent cette zone. Cependant, elles ne sont pas identifiées sur la carte de Stainier. Au sud d'Horion-Hozémont, le Silurien inférieur affleure dans la vallée du ruisseau des Bobesses, affleurement lié à la faille d'Horion-Hozémont (ou Faille Bordière du Massif du Brabant). Il affleure aussi dans la vallée de la Meuse (partie ouest de la carte).

Dans la Bande de Sambre-et-Meuse, le Silurien affleure dans la vallée de la Meuse en rive droite (à hauteur de Hermalle-sous-Huy).

Les roches du Silurien (SI1a-SI1b) sont principalement composées de phyllades quartzeux et de phyllades noirs, avec parfois quelques bancs de quartzites (SI1a).

III.2.1.1.2 Dévonien

Sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges, les terrains du Dévonien² sont représentés par les étages allant de Gedinnien au Famennien. Structuralement, ils sont localisés soit dans le Synclinorium de Namur, soit dans le Synclinorium de Dinant.

Gedinnien (Lochkovien)

Cet étage est constitué de schistes, de psammites, de poudingue, de grès et d'arkose (Gbd, Ga). Il affleure au sud de la carte, sur la bordure septentrionale du Synclinorium de Dinant.

Coblencien (Emsien-Siegenien)

Le Coblencien (Cb1, Cb2, Cb3) est composé de grès, de schistes et de grès à ciment détritique (grauwacke). Comme l'étage précédent, il affleure dans la bordure septentrionale du Synclinorium de Dinant.

Burnotien (Emsien)

Cet étage est très peu représenté dans la région de Jehay-Bodegnée - Saint-Georges, il affleure dans l'extrême sud-est de la carte (Synclinorium de Dinant). Le Burnotien (Bt) est caractérisé par des grès et des schistes rouges.

Couvinien (Eifelien)

Le Couvinien (Coa) est constitué de grès verts, de psammites, de schistes rouges et de poudingues à ciment clair. Il est représenté en rive gauche de la Meuse, à hauteur de « Basses Awirs », et en rive droite, à l'est de Clermont-sous-Huy.

L'ensemble des formations de Dévonien inférieur et moyen totalise une épaisseur d'environ 930 mètres (bord nord du Synclinorium de Dinant).

² Dans la nouvelle nomenclature de l'échelle lithostratigraphique de la Belgique (*in* Bultynck & Dejonghe eds, 2001), la désignation de certains étages du Dévonien a été modifiée: Gedinnien → Lochkovien; Cb2 + Cb1 = Siegenien ≈ Praguien; Burtonien (Bt) + Coblencien Cb3 = Emsien; Couvinien → Eifelien.

Frasnien

Les roches du Frasnien sont composées de calcaires massifs, parfois dolomitisés (Frb, Frc), de dolomies (Fr dy) et de schistes (Franc-Waret – Frd). L'étage apparaît en rive gauche de la Meuse, entre Engis et Chokier, ainsi que sur une étroite bande au sud de la faille de Horion-Hozémont. En rive droite de la Meuse, le Frasnien affleure à hauteur de Hermalle-sous-Huy et à l'est de Clermont-sous-Huy. Sur la carte étudiée, cet étage appartient au Synclinorium de Namur.

Fammenien

Cet étage est constitué des séries psammo-pélitiques avec de bas en haut ;

- • Assise de Mariembourg (Fa1b), composée essentiellement de schistes violacés ;
- • Assise d'Esneux (Fa1c), composée de psammites stratoïdes ;
- • Assise de Monfort (Fa2b), composée de psammites massifs à pavés ;
- • Assise d'Evieux (Fa2c), composée de psammites rouges et verts, de schistes avec des niveaux de grès calcaireux ou de calcaires et de dolomies.

On les retrouve en rive gauche de la Meuse à hauteur d'Engis, de Chokier et d'Amay ainsi qu'en rive droite à hauteur d'Engihoul (Synclinorium de Namur). L'épaisseur de ces formations varie entre 150 et plus de 200 mètres.

III.2.1.1.3 Carbonifère

La sédimentation carbonatée du Carbonifère (Dinantien) commence avec le Tournaisien, premier étage du Carbonifère représenté sur cette carte. Lui succèdent les formations du Viséen et du Houiller. Sur la carte étudiée, ces terrains appartiennent au Synclinorium de Namur.

Tournaisien

Cet étage est représenté par les assises d'Hastière (T1) et d'Ecaussinnes (T2) composées de dolomies à crinoïdes et de calcaires à crinoïdes. On y observe aussi quelques cherts. La puissance du Tournaisien est de 60 à 80 m.

Ces roches affleurent en rive gauche de la Meuse, ainsi qu'en rive droite entre la faille eifélienne et la faille de Seraing dans l'écaille de Clermont (lambeau de poussée).

Viséen

Deux assises caractérisent cet étage, au droit de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges, de bas en haut, on observe :

- Assise de Dinant (V1), composée de marbre noir dolomitisé et des grandes dolomies ;
- Assise de Visé (V2), composée de calcaire noir bleu grenu avec des cherts noirs, de calcaire gris et de calcaire crinoïdique.

Dans la région d'Engis, ont existé d'importants gisements métallifères, qui furent longtemps exploités et sont actuellement abandonnés. Il subsiste des traces de pollution liées aussi aux activités de l'industrie métallurgique (plomb, zinc, fer, sulfates...).

Sur cette carte, cet étage appartient à l'unité structurale du Synclinorium de Namur. Le Viséen affleure dans la vallée de la Meuse (surtout en rive gauche) ainsi que sur une étroite bande au sud de la faille de Horion-Hozémont. On le retrouve également en rive droite, au sud d'Engis, dans le lambeau de poussée de Clermont. A l'ouest de la carte, le calcaire viséen (V2a) affleure sur une zone d'environ 2 km de long sur 500 m de large, au nord de Vinalmont. Une étude de prospection géophysique menée dans cette zone a permis de mieux définir la transition entre les terrains viséens et houillers. Ainsi, la limite entre ces étages, telle que proposée par la carte géologique de Stainier (1899), devrait être déplacée vers le sud de 25 à 150 m (BCGEOL, 2003). Les forages réalisés par la SWDE, par la suite, confirment cette observation (SWDE, 2005).

Le sommet du calcaire viséen montre des phénomènes de karstification donnant lieu à des cavités, parfois remplies par des terrains pélitiques du Namurien.

L'épaisseur totale de la série est d'environ 160 m dans la région.

Sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges, plusieurs carrières exploitant les calcaires sont répertoriées dont quelques unes sont toujours en activité: à Vinalmont, à Clermont-sous-Huy (carrière du Lion - Carmeuse) et entre Flône et Engis (carrières de la Flône-Boulade et du Bois des Gattes, Dumont-Wautier - groupe Lhoist).

Houiller

Cet étage (H1, H2) est formé par des alternances de schistes plus ou moins gréseux, de psammites et de grès avec intercalations de veines de charbon, d'épaisseur comprise entre 0,5 et 1 m mais pouvant atteindre 2,5 m au maximum. A la base du Houiller, on trouve de l'ampélite, schiste noir à rayure brunâtre ou grise, rempli de minuscules cristaux de pyrite et renfermant des fossiles marins. Ses affleurements furent exploités autrefois pour la fabrication de l'alun.

Ces roches ont été intensément plissées et faillées lors de l'orogénèse hercynienne puis pénéplanées avant la transgression du Crétacé. Ce substratum paléozoïque, dégagé par l'érosion, affleure sur les versants de la vallée mosane, au nord de la faille eifélienne.

Les terrains du Houiller ont fait l'objet de nombreuses exploitations minières qui ont provoqué des affaissements se prolongeant jusqu'en surface avec fissuration et dégradation des caractéristiques mécaniques des terrains sus-jacents.

L'épaisseur totale du Houiller avoisine 1500 m.

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

III.2.1.2. Formations du Mésozoïque

Au début du Crétacé, survint une pulsation tectonique majeure (phase cimmérienne tardive), amenant notamment un vaste mouvement de subsidence de l'ensemble de nos régions. Par la suite, la mer crétacée a transgressé rapidement, depuis le NE en direction du SW, déposant des formations argilo-marneuses à la base, carbonatées ensuite.

Les craies sont formées de petits débris de fossiles, d'une taille de 10 à 20 μm , appelés coccolithes et constitués de calcite pure. Cet assemblage, plus ou moins induré lors de la diagenèse sous l'effet du poids des terrains surincombants, résulte d'une sédimentation en milieu marin.

En Hesbaye, les formations suivantes se succèdent, de bas en haut:

a) la Smectite de Herve (Cp2):

Datant du Campanien inférieur (Assise de Vaals), elle consiste en un matériau marneux, de teinte verte, gris vert ou gris foncé, contenant 20 à 35 % de CaCO_3 . La base est fréquemment soulignée par un fin conglomérat à cailloux arrondis de quartz, quartzite, grès, schistes ou encore de calcaires. Des rognons de pyrite et de marcassite y abondent. Vers le sommet, elle devient plus crayeuse et se charge en glauconie (Thorez & Monjoie, 1973).

La Smectite de Herve constitue le mur imperméable de l'aquifère crétacé. A quelques rares endroits, elle est absente; les craies reposent sur un substratum constitué de schistes et de grès du Cambro-Silurien, argilisés au sommet, et reconnus peu ou non aquifères et, plus localement, sur des pointements de roches éruptives (hors carte).

Le sommet de la smectite de Herve est sensiblement horizontal, avec une pente de 1 à 1,5 % vers le nord (voir carte des isohypses). Dans l'ensemble, son épaisseur croît de l'ouest (quelques mètres) vers l'est (10 mètres et plus).

b) l'Horizon de Loën (Cp3a):

Il consiste en une craie glauconifère, d'épaisseur généralement métrique. En l'absence de Smectite de Herve, il repose directement sur le socle paléozoïque.

c) la craie blanche du Campanien supérieur (Cp3b-c):

Définie comme craie blanche ou craie inférieure, elle se présente en bancs réguliers, inclinés de 1 à 2 % vers le NNE et totalise en moyenne une vingtaine de mètres d'épaisseur, soit, dans l'ensemble, les deux tiers de la puissance globale des craies dans la région. Compte tenu du caractère transgressif des dépôts, cette épaisseur va en diminuant vers l'ouest. La fraction carbonatée avoisine toujours les 95%, avec quelques rares silex isolés.

Dans cet horizon, la circulation des eaux est principalement limitée aux réseaux denses de diaclases et de fissures associés aux vallées sèches, failles et bombements du socle. De ce fait, la perméabilité d'ensemble est souvent anisotrope et hétérogène.

d) *le Hardground dit Horizon de Froidmont :*

Ce niveau induré d'extension régionale - puisque retrouvé notamment au sud de Louvain - souligne une lacune sédimentaire importante entre le Campanien et le Maastrichtien (Calembert, 1953 & 1958). Ce hardground, véritable surface-repère, apparaît sous la forme d'un banc d'épaisseur le plus souvent (infra) métrique, incliné régulièrement de 1 à 3 % vers le NW. Cette régularité d'ensemble est en fait troublée par quelques ravinements ou encore par des perforations remplies de craie glauconifère. Il est affecté par d'assez nombreuses failles de gravité de rejets limités (failles définissant des mini-horsts et graben) et souvent altérées. Dans la partie sud de la Hesbaye, il disparaît du fait de l'érosion.

Ce hardground intervient dans la dynamique de l'écoulement. Sa faible perméabilité (de l'ordre de 2×10^{-5} m/s) génère une discontinuité entre la nappe qui est logée dans la craie inférieure d'âge Campanien et celle de la craie supérieure d'âge Maastrichtien. Les discontinuités qui l'affectent conduisent, localement, à des circulations préférentielles de l'eau entre ces deux aquifères.

L'étude détaillée des données de forages met en évidence d'autres niveaux indurés sous et sus-jacents, d'extension toutefois beaucoup plus limitée et discontinue.

e) *la craie grise (M) :*

Craie marneuse parsemée de quelques rares silex gris, elle contient une faune d'âge Maastrichtien. Le sommet est souligné par les premiers bancs subcontinus de silex.

f) *la craie tigrée (M):*

D'âge Maastrichtien moyen, elle devient vers le sommet, plus grossière et plus chargée en bancs subcontinus de silex.

Les craies grises et tigrées sont regroupées sous le terme de craie supérieure totalisant en moyenne, dans la partie centrale de la nappe, dix à quinze mètres d'épaisseur. Elles sont affectées par des phénomènes de détente et d'altération engendrant des fissures et des diaclases ouvertes et aquifères; elles présentent une perméabilité d'ensemble supérieure et souvent plus homogène et isotrope que celle de la craie blanche campanienne.

La craie d'âge Maastrichtien est absente de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges.

g) *les tuffeaux ou calcarénites à gros bancs de silex*

Ils affleurent dans la partie nord de la Hesbaye. Dans la région étudiée, ces tuffeaux ont, après l'émersion des dépôts maastrichtiens et préalablement aux transgressions tertiaires, subi

d'intenses phénomènes d'altération superficielle, conduisant à leur dissolution et, corollairement, à la formation :

- de ravines et d'entonnoirs karstiques. Ce caractère karstifié du sommet de la craie est bien mis en évidence par les nombreux effondrements observés en surface;
- de niveaux phosphatés, autrefois localement exploités;
- d'un conglomérat résiduel à silex, de perméabilité variable, recouvrant les dépôts crétacés (Sx).

Au droit de la carte de Jehay-Bodegnée - Saint-Georges, les formations supérieures du Crétacé sont absentes. Ne subsistent que les assises de Nouvelles (Cp3b-c) et de Herve (Cp2). On observe aussi un conglomérat à silex (Sx), issu de la dissolution de la craie (faciès d'altération) dont l'épaisseur, très variable, est souvent comprise entre 2 et 6 m, voire localement 8 à 10 m.

Les assises du Crétacé se terminent en biseau vers le sud. La craie disparaît au sud de Villers-le-Bouillet (présence possible de lambeaux de la base du Crétacé, sous les sables tertiaires). Au sud de la Meuse, on ne trouve plus que le conglomérat à silex.

III.2.1.3. Formations du Cénozoïque

III.2.1.3.1 Paléogène

Les formations du Paléogène présentes sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges datent de l'Oligocène et sont constituées par des dépôts tongriens (Tg1) et des dépôts supérieurs continentaux (On). Les premiers sont formés de sables fins micacés et localement de lits d'argile verte. Les seconds sont constitués de sables graveleux feldspathiques avec des amas de cailloux, de grès blanc et de glaises plastiques.

Ces dépôts oligocènes recouvrent principalement les terrains mésozoïques avec des épaisseurs variables. Ils subsistent aussi sous forme de lambeaux sur les terrains paléozoïques.

III.2.1.3.2 Quaternaire

a) les limons du plateau de Hesbaye

Le plateau de Hesbaye est recouvert de limons éoliens d'épaisseur comprise entre deux mètres et une vingtaine de mètres. Ce loess, d'origine nivéo-éolienne (glaciation Würm) joue le rôle de filtre pour l'alimentation de la nappe sous-jacente.

b) les alluvions de la Meuse et les lambeaux de terrasses

Les alluvions récentes de la Meuse et les lambeaux d'anciennes terrasses fluviales sont composées de limons fluviaux d'épaisseur variable (3 à 8 m) surmontant des sables et graviers roulés d'une puissance comprise entre 2 et 10 m.

La structure des dépôts de la plaine alluviale de la Meuse est typique d'une rivière périglaciaire à lit anastomosé, avec des îlots de graviers, des chenaux fluviaux, des bras remblayés du fleuve,... Ces nombreuses variations du faciès de la couche graveleuse, comprise entre le bedrock paléozoïque peu perméable et les limons fluviaux pratiquement imperméables vont jouer un rôle hydrogéologique non négligeable.

III.2.2. Cadre structural

Le cadre tectonique de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges est relativement complexe. Cette carte est traversée par plusieurs unités structurales d'importance régionale (figure III.2) avec du nord au sud:

- une couverture incomplète de terrains horizontaux du Crétacé
- sous les terrains du Crétacé, la bordure méridionale du Massif du Brabant apparaît en fond de vallée (Ruisseaux de Hozémont et des Bobesses, partie occidentale de la carte)
- une couverture discontinue de dépôts sableux tertiaires
- le Synclinorium de Namur (Parautochtone de Namur) en partie cachée sous les dépôts tertiaires. Cette structure, à l'allure asymétrique, est déversée vers le nord avec un flanc septentrional d'allure monoclinale et un flanc sud en position inversée. Cette unité structurale est affectée de failles longitudinales de direction NE-SW.
- la Bande ordovico-silurienne du Condroz (ou Bande calédonienne de Sambre-et-Meuse). Sa largeur maximale est de 2 km à Clermont-sous-Huy/Engihoul et est découpée par des failles.
- des écaillés de charriage jalonnent le front de déformation hercynien (cfr écaille de Clermont).
- la faille Eifélienne (Hance et al, 1991)
- la bordure septentrionale du Synclinorium de Dinant affleure dans le coin SE de la carte

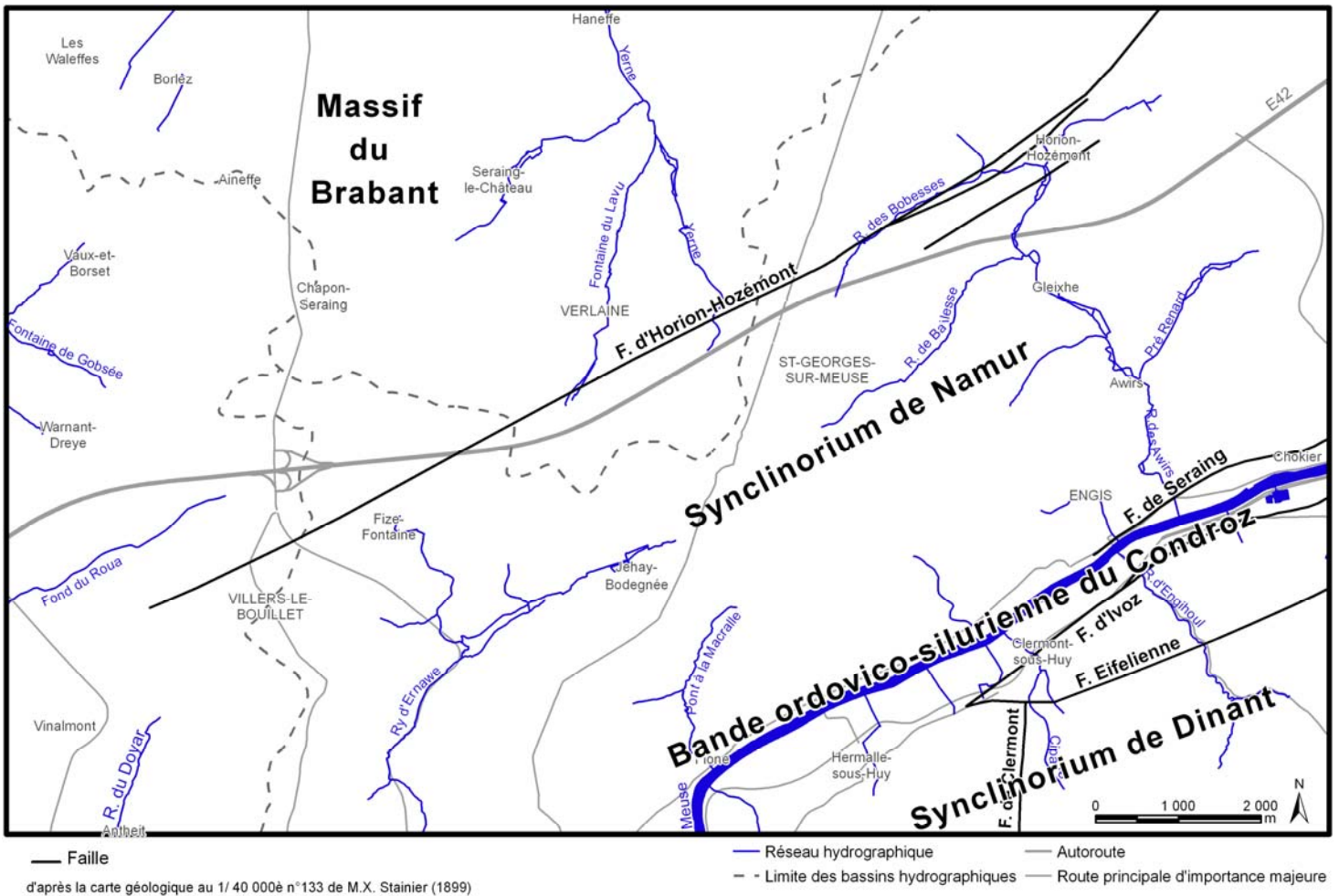


Figure III.2: Cadre structural de la carte Jehay-Bodegnée - St-Georges

Revenons sur les deux structures principales de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges: le Massif du Brabant et sa couverture mésozoïque, et le Synclinorium de Namur.

Sous le plateau de Hesbaye, le socle paléozoïque pénéplané (pénéplaine post-varisque) est affecté de failles d'extension et de rejet d'importances diverses -. La plus importante est la faille d'Horion-Hozémont appelée faille bordière du Massif du Brabant par Legrand (1968) qu'on retrouve vers l'ouest sous le nom de faille de Landenne (). *"La Faille Bordière laisse au sud le Sillon houiller dont le Comble Nord incline de 25° à 35° vers le sud et au nord le flanc septentrional du Bassin de Namur resté isoclinal avec des pentes de 10° à 20° vers le sud. A l'est de Namur, cet accident fait buter le Houiller contre la bordure méridionale du Siluro-Cambrien du Massif du Brabant ; elle juxtapose à cet endroit le Bord sud du Massif du Brabant et le Bord nord du Bassin de Namur. Elle délimite donc la butée septentrionale contre laquelle est venu mourir la tectogenèse hercynienne. Cette Faille Bordière paraît fort redressée sur toute sa longueur et affecte, en dessous des formations du dévono-Carbonifère du Bassin de Namur, le substratum Siluro-Cambrien, prolongement méridional du Massif du Brabant."*(Legrand, 1968). Fourmarier (1920) soulignait déjà le passage de cette faille, dans les vallées du ruisseau d'Hozémont et des Bobesses, au contact entre le Frasnien et le Silurien.

Le Bassin houiller liégeois se divise dans sa partie la plus large (méridien de Cointe) du N au S en "Bassin de Liège", "Bassin de Seraing" et "Bassin de Herve". Vers l'ouest, se succèdent les Bassins de Liège et de Seraing et à l'extrémité occidentale, persiste seul le Bassin de Liège dont le flanc sud redressé se complique d'une structure appelée l'Anticlinal de Flémalle. La structure du Bassin houiller de Liège est complexe et bien étudiée par l'exploitation charbonnière des deux derniers siècles et le percement du tunnel autoroutier de Cointe. Il est affecté de failles et de nombreux plis complexes d'orientation générale SW-NE à WSW-ENE, déversés généralement vers le NW. Le synclinal de Liège présente une structure dissymétrique; il est déjeté vers le nord, avec un flanc nord en plateaux et un flanc sud en dressants. Ces grands dressants du bord sud du Synclinal de Liège sont coupés par des failles de décrochement d'Ivoz et de Seraing qui les rejettent de la rive droite de la Meuse sur la rive gauche (Bouckaert & Lambrecht, 1966). Sont appelées plats-crains des failles de chevauchement longitudinales, obliques par rapport à la stratification, de faible rejet et faiblement inclinées vers le sud. Elles ont été reconnues grâce aux travaux miniers (Humblet, 1941). On observe aussi des failles de décrochement longitudinales orientées SW-NE, avec des rejets horizontaux importants et des rejets verticaux variables (Faille de Seraing 50° à 65° S, Faille d'Ivoz, Faille St-Gilles 45° à 50° N non cartographiée et dont le tracé passerait aux alentours des Awirs).

IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE

L'aquifère principal de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges est la nappe des craies de Hesbaye. Dans la vallée, se trouve la nappe alluviale logée dans les sables et graviers de Meuse. D'autres aquifères sont présents dans cette région: la nappe de fissures dans le bed-rock houiller, la nappe des calcaires carbonifères et dévoniens, la nappe logée dans les formations gréseuses du Famennien, la nappe logée dans les sables cénozoïques du plateau ainsi que très localement des petits aquifères dans les grès et psammites du Dévonien inférieur et dans les terrains du socle silurien.

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

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

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

IV.1. DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES

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

IV.1.1. Unité hydrogéologique du Cambro-silurien

IV.1.1.1. Aquiclude du socle cambro-silurien

Cette unité hydrogéologique est composée par les Assises du Silurien inférieur essentiellement schisteuses. Elle est donc définie en termes d'aquiclude. Les bancs de quartzites observés localement dans l'Assise inférieur peuvent, lorsque les fissures sont ouvertes, contenir de l'eau récupérable. Il s'agit de la seule unité hydrogéologique du Cambro-Silurien³ de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges.

IV.1.2. Unités hydrogéologiques du Dévonien

IV.1.2.1. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Cette unité hydrogéologique, composée de grès micacés (psammites), de schistes, de poudingues, de siltites ou grès fossilifères décalcifiés (grauwackes) et de niveaux de grès, présente des potentialités aquifères intéressantes à l'échelle locale, justifiant son appellation en termes d'aquitard à niveaux aquifères. Dans la région étudiée, le Gedinnien (G), le Burnotien (Bt) ainsi que le Coblencien moyen (Cb2) sont regroupés dans cette unité. Le poudingue d'Ombret (Gedinnien) peut localement contenir un niveau aquifère, en fonction du ciment qui le compose.

IV.1.2.2. Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur

Formée par les Assises inférieure et supérieure du Coblencien, cette unité hydrogéologique présente une alternance de niveaux aquifères (grès) et de niveaux aquicludes (schistes). Les horizons gréseux, fracturés et altérés, peuvent présenter des caractéristiques hydrogéologiques intéressantes.

IV.1.2.3. Aquitard de l'Eifelien

Cette unité hydrogéologique reprend les terrains du Couvinien, constitués dans la région étudiée, de grès, de grès micacés et de schistes. Les perméabilités au sein de cet ensemble peuvent varier fortement d'un niveau à l'autre, globalement cela justifie leur classification en termes d'aquitard.

IV.1.2.4. Aquifère des calcaires du Frasnien

Les calcaires frasniens renferment un aquifère de fissures séparé de celui des calcaires carbonifères par les formations peu perméables du Dévonien supérieur (Assises de Franc-Waret et de Mariembourg) et par l'aquifère gréseux du Famennien.

³ Le terme générique 'Cambro-Silurien' est utilisé même si, dans le cas de cette carte, les Formations du Silurien sont absentes.

IV.1.2.5. Aquiclude du Famennien

La base du Famennien (Assise de Mariembourg) forme, avec le sommet du Frasnien (Assise de Franc-Waret) un horizon moins perméable au contact duquel la nappe des grès famenniens se déverse de manière diffuse ou via des sources temporaires ou pérennes vers les calcaires dévoniens. L'Assise de Franc-Waret étant cartographiée avec l'ensemble du Frasnien, bien que montrant un comportement hydrogéologique différent, elle est intégrée à l'aquifère des calcaires du Frasnien. Il en est de même, au sommet de l'aquiclude du Famennien. L'Assise d'Esneux, présentant davantage les caractères d'un aquitard, est incorporée à cette unité hydrogéologique, étant donné le regroupement cartographique sur la carte géologique.

IV.1.2.6. Aquifère des grès du Famennien

Entre les formations calcaires du Dévonien et du Carbonifère, se trouve une étroite bande de grès et de psammites famenniens, renfermant une nappe logée dans les horizons fissurés et altérés. Ces nappes, généralement libres, sont localisées dans les formations gréseuses altérées en sable par la paléoaltération post-hercynienne et dans les fissures en profondeur. L'exploitabilité de telles nappes dépend fortement de la perméabilité influencée essentiellement par la fracturation et de l'extension, souvent limitée, de la tranche paléoaltérée des terrains gréseux. La nature sableuse de l'altération superficielle confère à ces aquifères de bonnes capacités de filtration garantissant une eau de qualité.

IV.1.3. Unités hydrogéologiques du Carbonifère

IV.1.3.1. Aquifère des calcaires du Carbonifère

La nappe logée dans les calcaires et dolomies carbonifères est un aquifère de fissures, pouvant être localement karstifié, comme en témoignent les dolines et poches de dissolution généralement comblées par des terrains meubles.

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 pertes.

Au contact des formations schisto-gréseuses du Houiller, des phénomènes karstiques sont observés, dus à la présence d'une paléo-altération anté-houiller. Cette karstification est réactivée par la circulation actuelle des eaux acides provenant du Houiller (altération des pyrites des formations houillères).

IV.1.3.2. Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

Les schistes, grès et quartzites du Houiller sont peu perméables à petite échelle. Leur porosité totale varie entre 0,5 et 1,5 %. Ils ne contiennent d'eau récupérable que dans les fissures ouvertes des bancs de grès et de quartzites fracturés, dans les schistes, les fractures étant généralement colmatées par un remplissage argileux.

Localement ces terrains houillers renferment donc une nappe de fissures localisée dans les horizons plus gréseux (aquifères locaux). Cette eau présente souvent une minéralisation élevée en fer et en sulfates, ainsi qu'un pH acide, liés à l'oxydation des sulfures de fer (pyrites) souvent abondants dans ces formations.

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

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

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

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

IV.1.4. Unités hydrogéologiques du Crétacé

IV.1.4.1. Aquiclude des marnes du Campanien

La smectite de Herve constitue le mur peu perméable de l'aquifère crétacé. En bordure des plateaux délimités par les vallées des cours d'eau, le contact entre cette argile marneuse, matériau peu perméable, et la craie sus-jacente, perméable, est souligné par la présence de sources pouvant provoquer d'importants ravinements sur les versants et saturant le colluvium et les terrains superficiels.

IV.1.4.2. Aquifère des craies du Crétacé

Toutes les formations crayeuses du Crétacé composent cette unité hydrogéologique. Il s'agit des Assises de Nouvelles-Loën et Spiennes (Campanien) et de l'ensemble de l'Étage maastrichtien. Le conglomérat à silex (Sx) est également inclus dans cette unité.

L'aquifère des craies présente une double porosité (interstices et fissures). La perméabilité et la porosité de la craie varient fortement selon l'échelle de grandeur (Dassargues & Monjoie, 1993):

- à l'échelle microscopique (quelques centimètres), la craie est un matériau légèrement compact mais poreux (porosité de 40 %) qui ne permet qu'une faible et lente circulation de l'eau (conductivité hydraulique de l'ordre de 1×10^{-9} m/s). L'eau contenue dans une telle roche n'est que très difficilement libérée, sauf au travers de micro-fissures qui augmentent localement la perméabilité de la craie. Cette porosité de pores favorise principalement le stockage de l'eau qui peut ensuite s'écouler via les fissures;
- à l'échelle macroscopique (quelques dizaines de mètres), des réseaux de fissures plus ou moins denses sont observés. Ils élèvent de façon significative la conductivité hydraulique de la craie, de l'ordre de 1×10^{-4} m/s. La porosité efficace (de drainage) liée aux fissures représente environ 5 % d'eau facilement mobilisable;
- à l'échelle de la nappe de Hesbaye, des accidents tectoniques ont fissuré la roche. Au droit des zones faillées, souvent observées à l'aplomb des vallées sèches, la craie peut présenter une conductivité hydraulique élevée (1×10^{-3} m/s) et une porosité efficace de fissures de 10 à 15 %. D'autre part, lors du creusement des galeries captantes de Hesbaye, des conduits karstiques d'ouverture centimétrique ont été recoupés. Les fortes perméabilités et porosités peuvent également être mesurées au sommet des craies, du fait de la forte altération par dissolution.

Le hardground, niveau induré d'extension régionale (voir [chapitre III.2.1.2.](#)), intervient dans la dynamique de l'écoulement. Sa faible conductivité hydraulique (de l'ordre de 2×10^{-5} m/s) peut générer une discontinuité entre la nappe qui est logée dans la craie inférieure d'âge campanien et celle de la craie supérieure d'âge maastrichtien. Les fracturations qui l'affectent conduisent, localement, à des circulations préférentielles de l'eau entre ces deux aquifères.

IV.1.5. Unités hydrogéologiques du Cénozoïque

IV.1.5.1. Aquifère des sables de l'Oligocène

Sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges, les sables de l'Oligocène (Tongrien inférieur Tg1 & Dépôts supérieurs continentaux On) sont présents essentiellement sur le plateau de Hesbaye. Quelques dépôts épars sont observés sur le socle paléozoïque dans la partie sud-est de la carte. Ils peuvent contenir une nappe d'épaisseur relativement faible (quelques mètres). Lorsque les terrains sous-jacents sont suffisamment perméables, la nappe des sables alimente l'aquifère crayeux. Hydrogéologiquement, ils ont donc été définis comme aquifère.

IV.1.5.2. Aquitard des limons

La couverture limoneuse, dont l'épaisseur peut atteindre une vingtaine de mètres, joue un rôle de filtre pour les aquifères sous-jacents, dont l'aquifère des craies de Hesbaye, lors de l'infiltration des eaux météoriques et induit un retard à l'infiltration de l'ordre de 1 mois par mètre d'épaisseur de limons (piston flow).

IV.1.5.3. Aquifère alluvial

Les alluvions déposées par la Meuse et composées principalement par des sables et des graviers offrent des potentialités aquifères non négligeables. Cette nappe est alimentée par les eaux pluviales (alimentation localement réduite par l'imperméabilisation urbaine de la plaine), par les nappes sises dans les versants, ainsi que par la nappe du bed-rock sous-jacent, le niveau piézométrique de cette dernière étant souvent légèrement supérieur à celui de la nappe alluviale. D'autre part, on peut supposer également un flux entre la nappe et la rivière.

Comme mentionné auparavant ([chapitre II.2.1.3](#)), l'hétérogénéité des alluvions de la Meuse, selon que l'on se trouve au droit d'anciens îlots de graviers ou d'anciens bras remblayés et chenaux fluviaux, induit des caractéristiques hydrogéologiques très variables. La conductivité hydraulique de la nappe alluviale de la Meuse est de l'ordre de $2 \text{ à } 4 \times 10^{-3} \text{ m/s}$, avec des axes de drainage où K vaut $9 \text{ à } 10 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ et des secteurs peu perméables où elle tombe à $0,4 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ (Calembert *et al.*, 1974).

Les limons fluviaux, d'épaisseur variable, recouvrent la couche sablo-graveleuse, rendant localement captive la nappe alluviale de la Meuse.

Les formations graveleuses des terrasses fluviales peuvent aussi localement et temporairement contenir de petites nappes, 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 de ces terrains.

Tableau IV.1: Unités hydrogéologiques de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges

Groupe	Système	Série	Etage	Assise	Lithologie	Abréviation	Hydrogéologie		
CENOZOIQUE	QUATERNAIRE	HOLOCENE		Alluvions modernes des vallées	Limon, limon argileux, silt, sable et gravier	alm	Aquifère		
		PLEISTOCENE	Hesbayen		Limon, cailloux, gravier, sable	q3	Aquitard (non cartographié)		
			Campinien		Cailloutis des terrasses, sable, argile remaniés	q2			
	PALEOGENE	OLIGOCENE		Dépôts supérieurs continentaux	Sable graveleux, amas de cailloux bancs, grès blanc, glaise plastique	Ons, Onx, Ong, Ona	Aquifère		
		Tongrien (Rupélien)	Inférieur	Sable fin micacé, localement argile verte lagunaire	Tg1				
				Conglomérat à silix	Silix enrobés par des argiles ou des sables, silix épars	Sx	Aquifère		
MESOZOIQUE	CRETACE	SENONIEN	Campanien	Nouvelles	Craie blanche à silix, craie glauconifère	Cp3	Aquiclude		
				Herve	Argile mameuse	Cp2			
PALEOZOIQUE	CARBONIFERE	HOULLER		Houiller supérieur	Grès, schiste, grès micacé. Houilles variées	H2	Aquiclude à niveaux aquifères		
				Houiller inférieur	Grès, arkose, grès micacé, schiste. Houille maigre	H1			
		DINANTIEN	Viséen	Visé		Calcaire	V2c	V2	
						Calcaire grenu avec cherts noirs	V2b		
						Calcaire, calcaire crinoïdique	V2a		
					Grande dolomie	V1by	V1		
				"Marbre" noir de Dinant dolomitisé	V1ay				
			Toumaisien	Ecaussines		Dolomie à crinoïdes	T2by	T2	
				Hastière		Calcaire à crinoïdes	T1a	T1	
					Dolomie à crinoïdes	T1b			
	DEVONIEN	SUPERIEUR	Famennien	Evieux	Grès micacé schisteux	Fa2c	Fa2	Aquifère	
				Monfort	Grès micacé massif à pavés	Fa2b	Fa1	Aquiclude	
				Esneux	Grès micacé stratoïde	Fa1c			
				Mariembourg	Schiste - Oligiste oolithique de Vezin	Fa1b			
			Frasnien		Schiste de Franc-Waret	Frd	Fr	Aquiclude	
					Dolomie	Frdy			
		MOYEN	Couvinién (Eifelien)		Grès, grès micacé, schiste rouge	Co	Co	Aquitard	
			Burnotien (Emsien)		Grès et schistes rouges	Bt	Bt	Aquitard à niveaux aquifères	
			INFERIEUR	Coblendien (Emsien-Siegenien)		Grès et schiste de Wépion	Cb3	Cb3	Aquifère à niveaux aquicludes
						Grès et schiste, grauwacke d'Acoz	Cb2	Cb2	Aquitard à niveaux aquifères
						Grès du Bois d'Ausse	Cb1	Cb1	Aquifère à niveaux aquicludes
				Gedinnien (Lochkovien)		Schiste et grès micacé de Fooz	Gbd	G	Aquitard à niveaux aquifères
		Poudingue d'Ombert, arkose de Dave	Ga						
SILURIEN	INFERIEUR			Phyllades quartzeux	Sl1b	Aquiclude			
				Phyllades noirs de Huy (avec barres de quartzites)	Sl1a				

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

Toutes les unités hydrogéologiques de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges ne sont pas connues avec le même degré de détails. Certaines unités hydrogéologiques ne seront d'ailleurs pas développées dans ce chapitre. Les potentialités aquifères de la région se situent essentiellement dans les formations crayeuses du Crétacé du plateau hesbignon. La nappe logée dans les alluvions de la Meuse constitue aussi un important réservoir en eau souterraine mais peu exploité sur cette carte. Les formations carbonatées du Carbonifère et du Dévonien sont ici davantage exploitées pour leurs ressources minérales que pour leurs caractéristiques hydrogéologiques. Le Famennien et le Dévonien inférieur présentent des potentialités aquifères intéressantes à l'échelle locale. Il en est de même pour les ressources en eau souterraine du socle cambro-silurien.

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 et la fracturation des roches induisent des changements de propriétés différents selon leur lithologie. Trois comportements principaux se présentent.

- Les roches sont des carbonates: l'altération entraîne une dissolution de la roche et un agrandissement du réseau de fractures existant. La perméabilité est augmentée.
- Les roches sont des grès ou quartzites: l'altération donne du sable, ce dernier présente une plus grande porosité efficace et la perméabilité est augmentée. Les fractures peuvent agir comme des drains.
- Les roches sont des shales/schistes: l'altération donne une argile qui colmate le réseau de fractures. La perméabilité est diminuée. Les fractures peuvent agir comme des écrans peu perméables.

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

IV.2.1. Aquifère des craies de Hesbaye

L'aquifère des craies de Hesbaye est le plus important de la carte hydrogéologique Jehay-Bodegnée - Saint-Georges, tant géographiquement qu'économiquement. Il s'agit de la principale ressource en eaux souterraines de la carte. De nombreuses études hydrogéologiques ont été menées sur cet aquifère crayeux d'importance régionale (dont Hallet & Monjoie, 1996; Dewez & Dautrebande, 1996; Rouxhet & Guiot, 1996; Hallet, 1998; Interreg, 2000; Orban, 2009).

Allure piézométrique de la nappe

En raison de l'allure géométrique du réservoir (bancs réguliers d'orientation Est-Ouest, à légère pente vers le nord) et de la disposition des limites du bassin (Meuse, Méhaigne, Geer), la nappe du Crétacé de Hesbaye s'écoule globalement du sud vers le nord en direction du Geer, exutoire principal de la nappe.

La nappe des craies de Hesbaye a fait l'objet de plusieurs campagnes piézométriques régionales (1951, 1966, 1984, 2008). Les cartes piézométriques de 1951 et de 2008 sont présentées sur la figure IV.2.

Les cartes piézométriques ont permis de mettre en évidence un effet drainant de la faille d'Horion-Hozémont, provoquant un rabattement local de la nappe dans cette zone. D'autres anomalies piézométriques sont observées au droit des vallées sèches (zones d'écoulement préférentiel). La surface piézométrique présente un gradient piézométrique élevé au voisinage des galeries de captage exploitées par la CILE de l'ordre de 1 %; à l'aval le gradient est d'environ 0,5 %. La surface piézométrique est relativement peu influencée par le tracé du Geer et de la Yerne, sauf en aval pour le Geer et plutôt en amont pour la Yerne (entre Verlaine et Donceel, sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges).

A l'échelle de la Hesbaye, les limites du bassin hydrogéologique au sud, à l'ouest et à l'est sont proches des limites du bassin hydrologique du Geer. Par contre, la frontière nord du bassin hydrologique du bassin du Geer ne correspond pas à une frontière hydrogéologique. Des flux importants d'eau souterraine quittant le bassin hydrographique du Geer au travers de cette frontière. Les fluctuations piézométriques ont pour effet de modifier la limite hydrogéologique dans la partie sud de la Hesbaye. En période "normale" de tarissement, la crête hydrogéologique méridionale a tendance à se déplacer, dans un premier temps, vers le Nord. En période de sécheresse prolongée (comme en 1951), la craie est pratiquement désaturée dans cette zone et c'est la limite d'affleurement de la smectite de Herve qui constitue la limite hydrogéologique du bassin (figure IV.1).

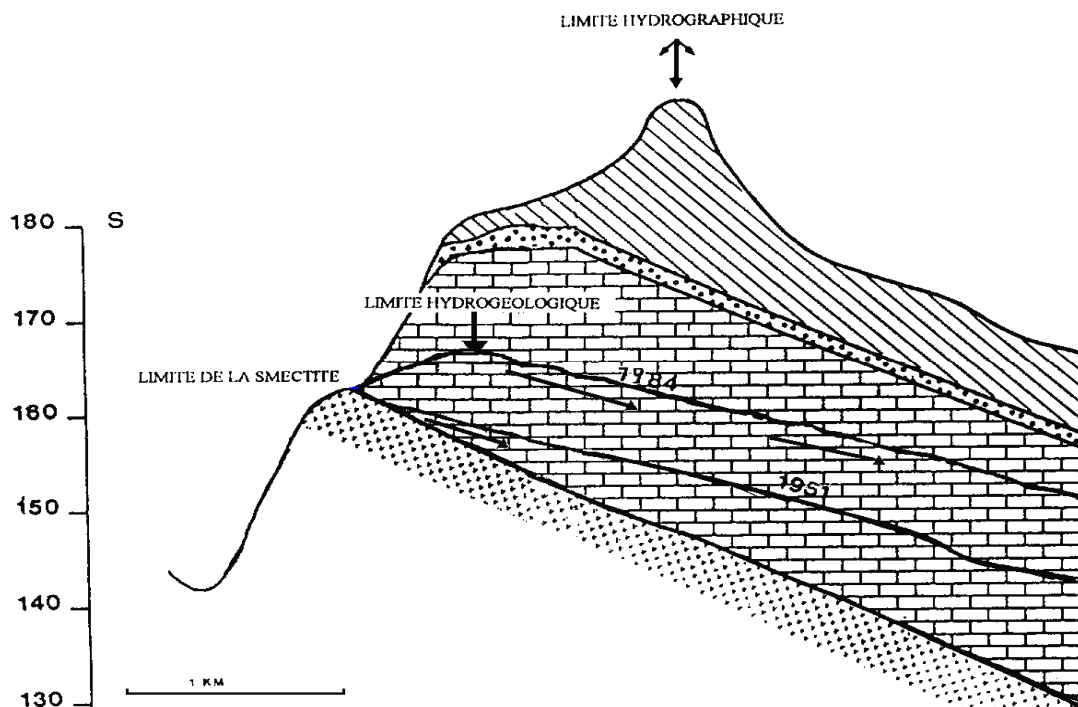


Figure IV.1: Limite hydrographique et limite hydrogéologique de la nappe des craies de Hesbaye (Hallet, 1998)

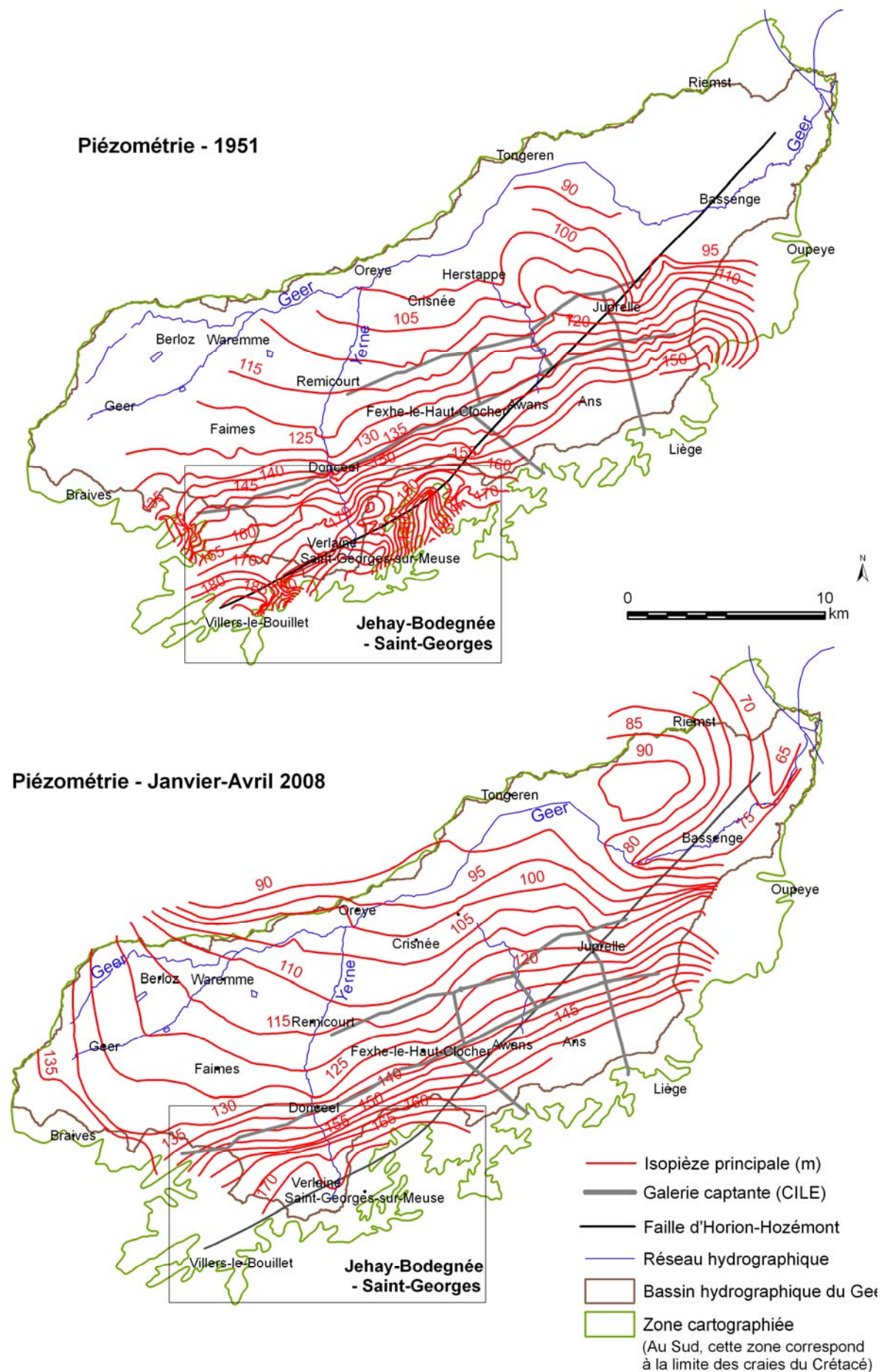


Figure IV.2: Cartes piézométriques de la nappe des craies de Hesbaye: 1951 & 2008

La carte piézométrique de 2008 met en évidence la présence d'un dôme piézométrique à l'est de Tongres. Au sud de ce dôme, localement, les eaux souterraines s'écoulent donc du nord vers le sud pour alimenter le Geer. L'importance du drainage de la nappe par le Geer dans cette zone est aussi mise en évidence. Les isopièzes 65 et 70 m, esquissées à proximité de l'exutoire du bassin versant sembleraient indiquer que le Geer ne resterait pas drainant jusqu'à son extrémité aval.

Sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges, la nappe logée dans les formations crayeuses du Crétacé est libre (voir la carte des informations complémentaires et du caractère des nappes).

Fluctuations saisonnières de la nappe

L'examen des données piézométriques disponibles depuis 1951, grâce aux relevés réalisés par la CILE, montre que, sauf au droit des galeries captantes et à proximité du Geer, la forme de la nappe varie peu en fonction de la pluviométrie. Toute la surface piézométrique a tendance à se déplacer verticalement avec un gradient vers le nord assez constant dans le temps. Un délai variant de quelques semaines (région sud de la nappe) à un an et demi (région nord de la nappe) entre les précipitations et l'alimentation effective de l'aquifère est observé induit par la forte épaisseur et la faible perméabilité des limons.

A l'échelle de la Hesbaye, l'étude par corrélogrammes croisés entre l'eau utile (précipitation moins évapotranspiration réelle) et les niveaux piézométriques de la nappe montre l'existence d'un retard d'environ 6 mois à 1 an ½ suivant que l'on se trouve dans un cycle d'années humides ou non (figure IV.3). Les fluctuations piézométriques pluriannuelles des puits sont synchrones et présentent des variations maximales comprises entre 3 m (VEL028) et 15 m (BOR009).

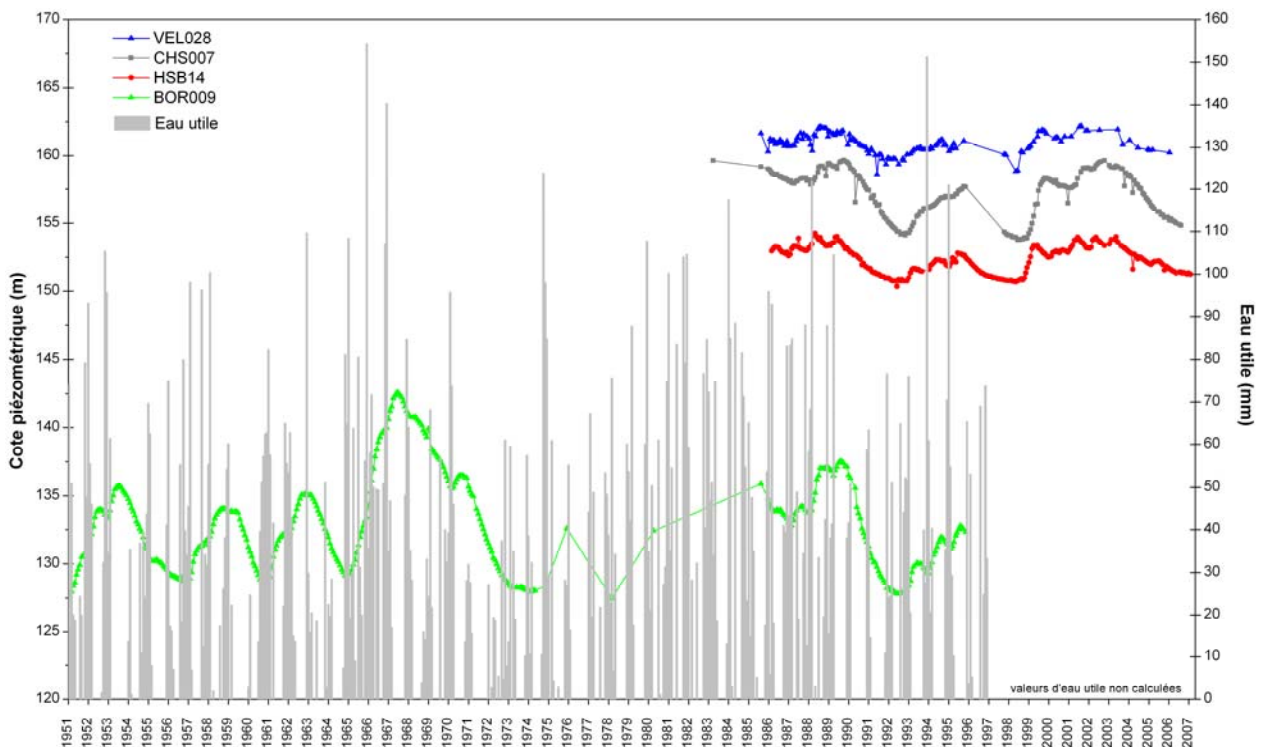


Figure IV.3: Fluctuations de la nappe des craies de Hesbaye

Bilan hydrogéologique

Le bilan hydrogéologique pour la nappe des craies de Hesbaye à l'échelle régionale peut s'écrire comme suit :

$$P = ETR + Q_{\text{Geer}} + Q_{\text{Captages}} + \Delta \text{ réserves} + \text{Pertes}$$

avec P	: précipitation moyenne annuelle (mm);
ETR	: évapotranspiration réelle moyenne annuelle (mm);
Q_{Geer}	: débit moyen annuel du Geer à l'exutoire (mm);
Q_{Captages}	: débits moyens annuels captés en Hesbaye (mm);
Δ réserves	: accumulation ou perte d'eau souterraine liée aux fluctuations du niveau de la nappe (mm);
Pertes	: écoulement souterrain en dehors du bassin (mm).

Les précipitations moyennes et les températures moyennes de l'air sont mesurées par l'IRM pour le bassin du Geer (Bultot et al., 1983). Les débits journaliers du Geer sont mesurés à la station de Kanne située à l'exutoire du bassin (Dienst Hydrologisch Onderzoek) et les débits captés sont fournis par les sociétés de distribution d'eau (CILE et SWDE). La méthode de Thornthwaite a été appliquée pour calculer l'évapotranspiration réelle; un pas de temps mensuel a été utilisé.

Un bilan hydrogéologique calculé de janvier 1975 à décembre 1994 (période pour laquelle des données journalières sur le débit du Geer à Kanne sont disponibles) donne les valeurs moyennes annuelles suivantes (Hallet, 1998):

$$810 \text{ mm} = 508 \text{ mm} + 145 \text{ mm} + 67 \text{ mm} + 7,5 \text{ mm} + 82,5 \text{ mm}$$

ou

$$100 \% = 63 \% + 18 \% + 8 \% + 1 \% + 10 \%$$

Les précipitations moyennes en Hesbaye sont de l'ordre de 810 mm. Les quantités d'eau évapotranspirées s'élèvent à 63 % des précipitations; il reste 37 % d'eau utile, généralement disponible de novembre à mars. Le volume d'eau s'écoulant par le Geer, exutoire de la nappe, représente 18 % des précipitations. Le débit des captages est de l'ordre de 8 %. Entre 1975 et 1995, le niveau de la nappe remonte en moyenne de 3 mètres soit, pour une porosité moyenne de 5 %, une accumulation annuelle de 7,5 mm pour la période étudiée. Les pertes, principalement vers le nord, sont estimées à 10 %.

Durant certaines années sèches (1975 - 1976, 1985, 1989 - 1991), les débits captés et le débit du Geer excèdent l'infiltration efficace (figure IV.4), accentuant ainsi le rabattement de la nappe observé 1 à 2 ans après.

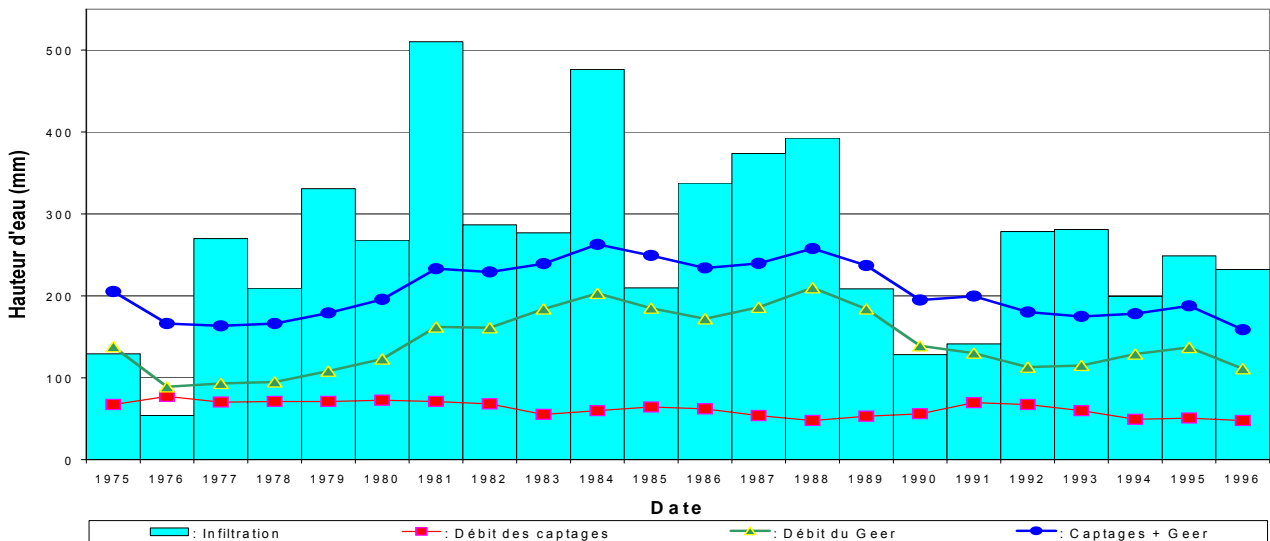


Figure IV.4: Relation «Débit du Geer – Infiltration - Débits des captages» (Hallet, 1998)

IV.2.2. Aquifère alluvial de la Meuse

Sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges, la plaine alluviale de la Meuse, où se loge une nappe dans les sables et graviers, a une largeur moyenne de 600 à 700 m. Elle repose principalement sur le bed-rock paléozoïque peu perméable. Il est rencontré vers 15 m de profondeur. La nappe alluviale est rendue, par endroits, captive sous les limons fluviaux.

La nappe alluviale est en relation directe avec la rivière, pour autant qu'aucun aménagement des berges n'ait été effectué. Tout changement du niveau de l'eau dans le fleuve induit une modification de l'équilibre Meuse-nappe alluviale et une variation de l'épaisseur saturée des graviers de la plaine alluviale. Lors de l'étude d'incidence menée sur le site d'Hydrométal à Engis (rive droite), le niveau de la Meuse et les cotes piézométriques de la nappe (cotes relatives par rapport à un repère du site), mesurés simultanément, étaient relativement proches. D'après ces niveaux et les essais de pompage réalisés, en 1991, il semble que la Meuse alimente, dans cette zone, l'aquifère graveleux (CENV, 1996).

Sur le territoire de la commune de Flémalle, à Ivoz-Ramet, en rive droite de la Meuse, se trouve le site industriel Segal-Arcelor. Plusieurs piézomètres et puits sont implantés sur ce site (figure IV.5). Deux puits étaient exploités sur ce site (essentiellement eau pour procédé industriel): SEG PP et ARCF3. A titre indicatif, le volume moyen prélevé est d'environ 500 000 m³/an pour SEG PP (1991-2005) et 530 000 m³/an pour ARCF3 (1991-2007). Ces pompages d'eau souterraine ont été remplacés par des prélèvements d'eau de surface, directement en Meuse, le débit étant devenu insuffisant. Le niveau d'eau de la nappe alluviale est suivi au droit de 13 ouvrages depuis 2004 (mesures prises toutes les 2 heures). La figure IV.6 présente les fluctuations piézométriques de la nappe alluviale observées dans cette zone. Deux situations se distinguent: avant et après juin 2007.

- Situation "Avant juin 2007"

Les puits ARCF3 et SEGPP sont en exploitation. Celle-ci se marque sur le graphique par les variations brusques du niveau piézométrique au droit de ces forages. Les niveaux piézométriques relevés dans les autres forages du site sont très dépendants de ces prélèvements. Plus les piézomètres sont proches des puits exploités, plus leur niveau d'eau est rabattu et atteint une cote proche de celle observée dans les puits de production (SF.3, SF.5 & SEG PZ). Les autres piézomètres, sauf SF.9, sont également affectés par ces pompages et présentent des variations piézométriques similaires. On observe aussi une diminution progressive du niveau piézométrique de la nappe au droit de ces ouvrages.. Ce graphique montre encore que les niveaux piézométriques sont plus bas que le niveau de la Meuse.

Début de l'été 2005, suite à l'arrêt du pompage dans le puits SEG PP, les niveaux d'eau remontent sensiblement surtout pour les forages situés à proximité de ce puits. Plus on s'en éloigne, moins la hausse du niveau piézométrique est marquée. D'autres remontées du niveau sont également visibles sur le graphique suite à des arrêts momentanés du pompage en ARCF3 (été 2006, décembre 2006).

Quant au forage SF.9, sa cote piézométrique fluctue peu (minimum: 63,4 m, maximum: 64,8 m). SF.9, se situant à environ 550 m du puits SEG PP, n'est pas influencé par les pompages.

- Situation "Après juin 2007"

Depuis la fin du mois de juin 2007, les prélèvements d'eau souterraine dans le puits ARCF3 sont stoppés, même si on note sporadiquement encore quelques pompages. Cet arrêt se marque visiblement sur les niveaux piézométriques de l'ensemble des forages du site, excepté sur SF.9 dont le niveau reste relativement stable. Ces remontées piézométriques sont comprises entre environ 2 et 5 m. Les quelques prélèvements occasionnels se répercutent directement sur les niveaux piézométriques (par ex.: novembre 2007). Le comportement piézométrique observé dans les forages est très similaire. N'étant pas perturbé par les pompages, ces variations piézométriques reflètent le comportement naturel de la nappe alluviale. L'amplitude des fluctuations piézométriques est relativement faible, de l'ordre de quelques décimètres (sauf pour SF.4). Le niveau de la nappe alluviale est maintenant supérieur au niveau de la Meuse. Cette situation indiquerait que les eaux souterraines alimentent la rivière. A titre indicatif, le niveau moyen de la Meuse à Ivoz-Ramet, sur la période d'observation, est de 64,58 m (minimum: 63,73 m; maximum: 64,88 m).

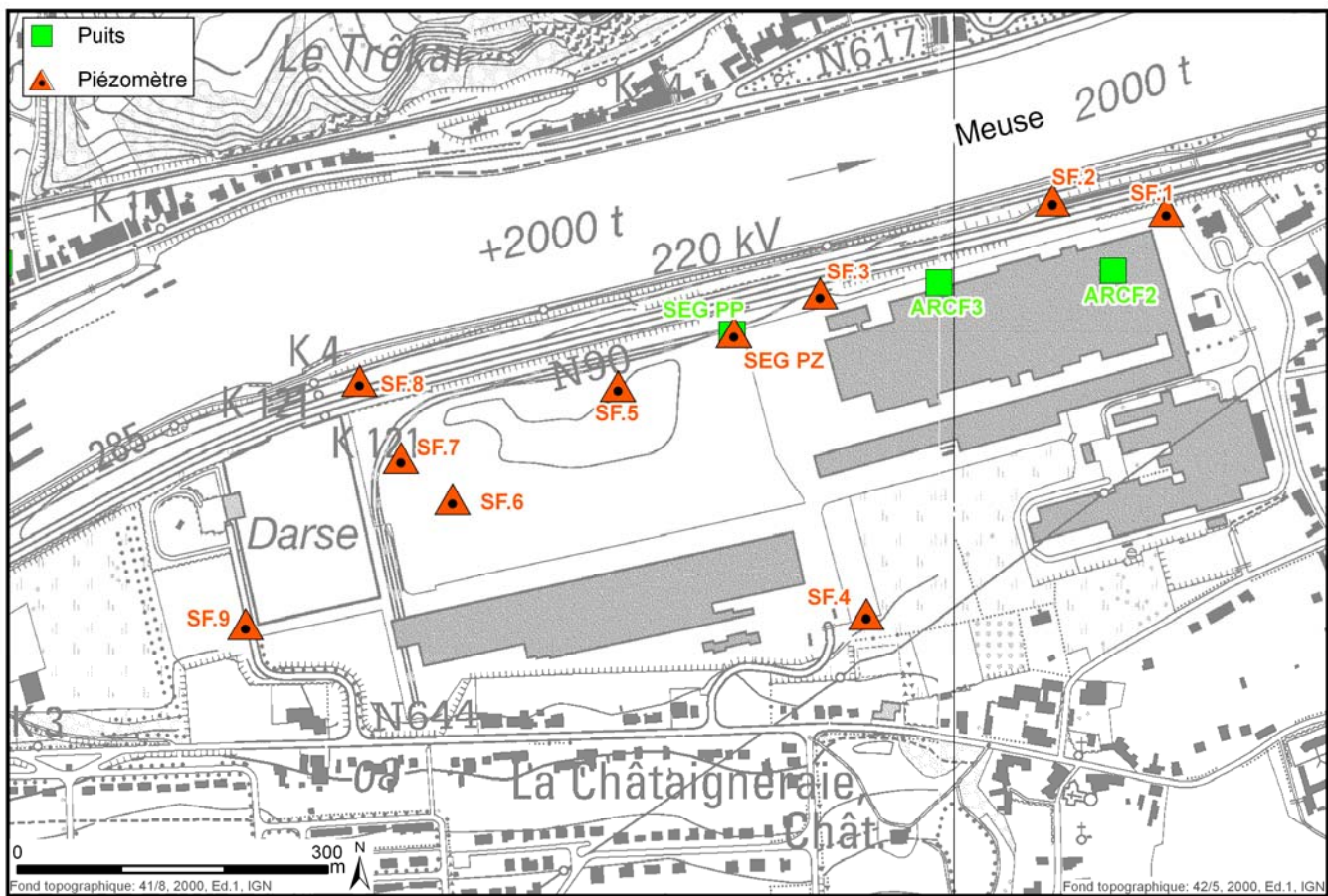


Figure IV.5: Localisation des puits et piézomètres sur le site SEGAL-ARCELOR

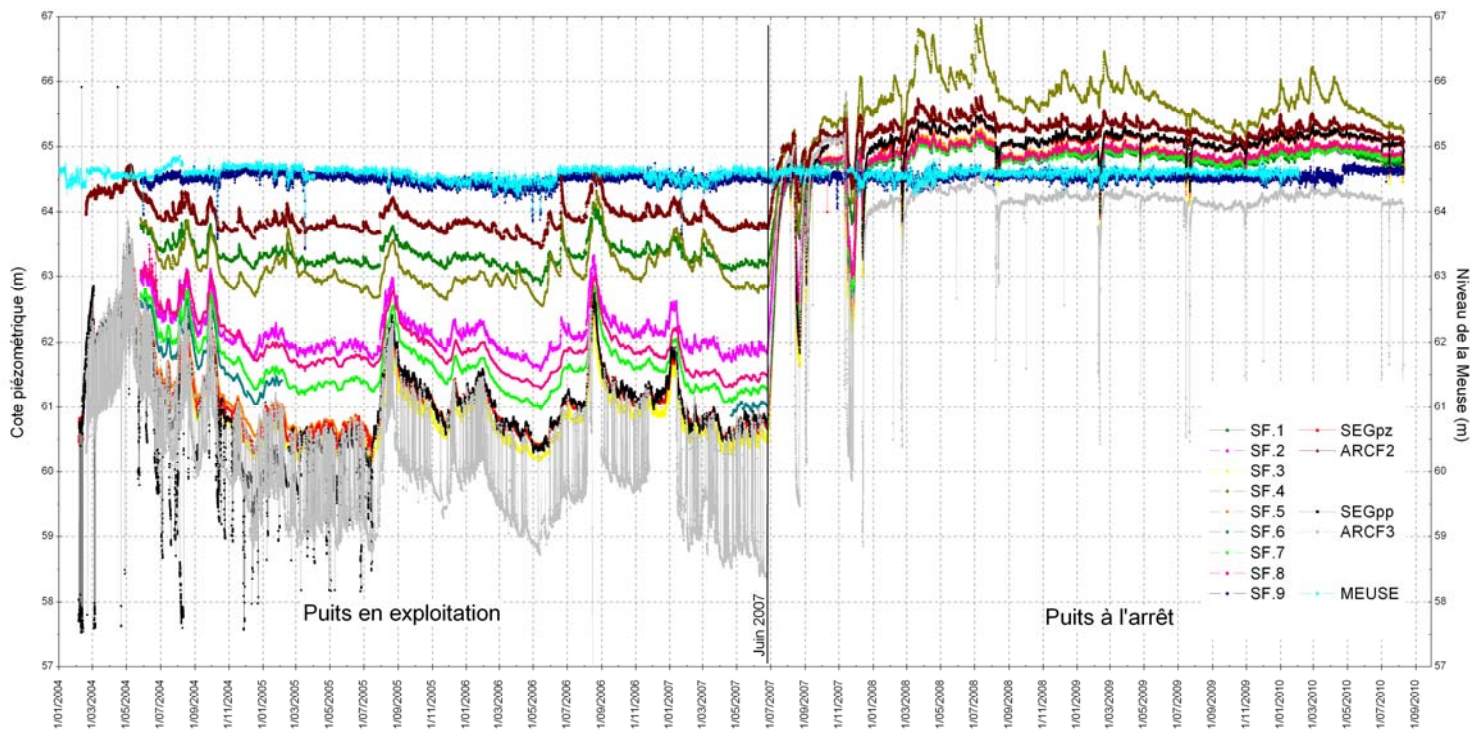


Figure IV.6: Fluctuations piézométriques de la nappe alluviale de la Meuse. Site SEGAL-ARCELOR

En rive gauche de la Meuse, sur le site de Prayon-Rupel, la nappe se trouve à environ 4 m de profondeur et présente un sens d'écoulement général vers l'est et le sud-est (Meuse).

IV.2.3. Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

Une trentaine d'ouvrages sont implantés dans les terrains du Houiller sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges. Il s'agit de puits privés à usage domestique et à usage industriel (peu nombreux). Quelques valeurs piézométriques sont disponibles. Elles sont reportées sur la carte principale (1/25.000) du poster de la carte hydrogéologique.

Sur le plateau hesbignon, à Villers-le-Bouillet, quelques sociétés du parc industriel ont un ou plusieurs puits. En novembre 2002, le niveau d'eau mesuré au droit des forages P1, P2, P3 de l'entreprise "Malysse" étaient, respectivement, de 106,2 m, 103,5 m et 105 m. Ces ouvrages, de plus de 100 m de profondeur, sont crépinés dans l'unité hydrogéologique du Houiller après avoir traversé des dépôts oligocènes.

Dans la vallée de la Meuse, les carrières Dumont-Wautier du groupe Lhoist ont foré plusieurs puits afin de surveiller les niveaux piézométriques dans le cadre de leur activité extractive (figure IV.7). Deux de ces ouvrages sont implantés dans les terrains houillers, HEP 4 et HEP 8.

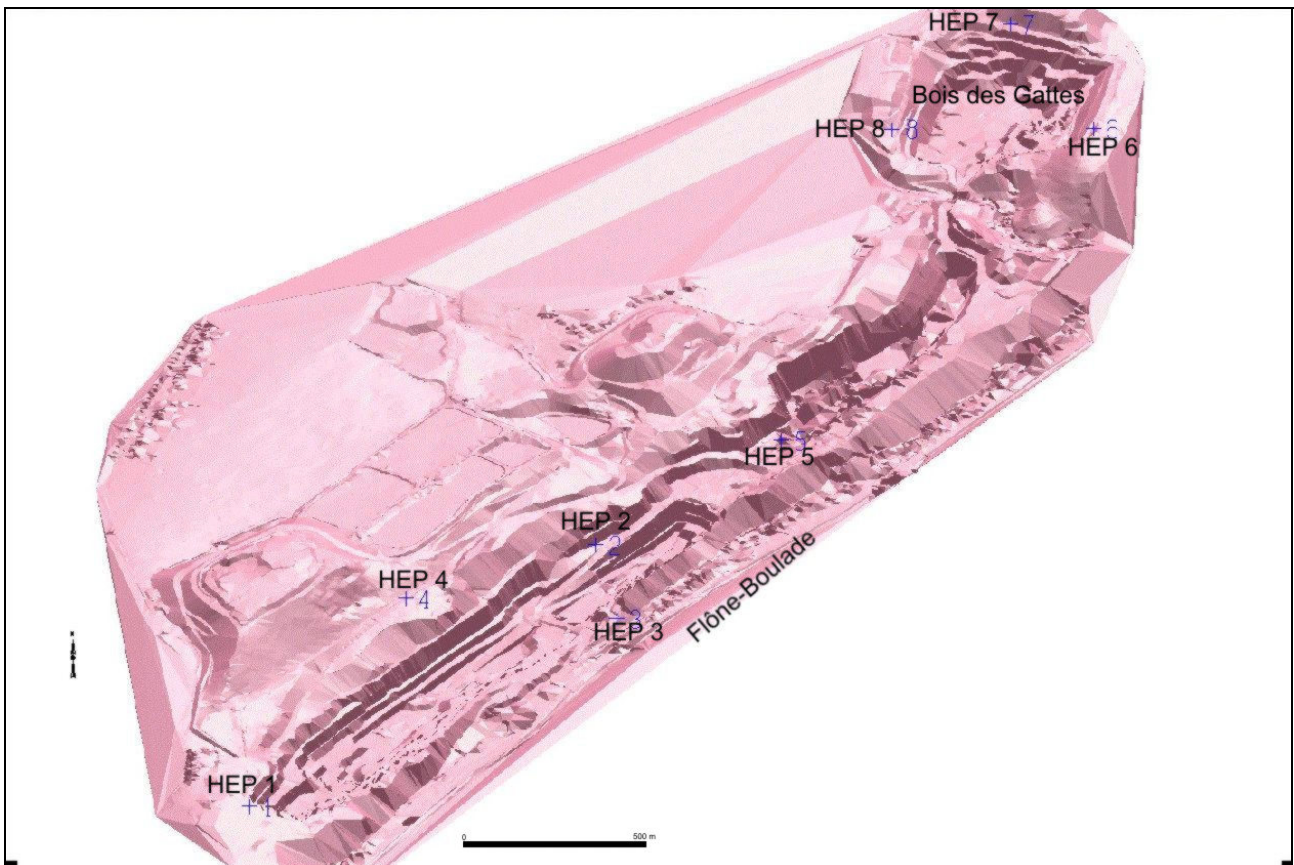


Figure IV.7 : Vue 3D des carrières Dumont-Wautier (Lhoist) à Flône, avec localisation des piézomètres

(document fourni par les Carrières et Fours à Chaux Dumont-Wautier s.a., société du Groupe Lhoist, site "La Mallieue" à Saint-Georges-sur-Meuse)

La figure IV.8 présente les fluctuations piézométriques, depuis 1996, au droit de puits forés dans les terrains schisto-gréseux houillers situés au nord de la carrière. Abstraction faite des mesures manifestement erronées dues à des problèmes techniques avec le capteur de pression, on observe une certaine cyclicité dans l'occurrence des périodes de hautes eaux et de basses eaux. Cette cyclicité est moins perturbée pour le forage HEP 8 que pour le forage HEP 4. En effet, les niveaux d'eau mesurés dans le piézomètre HEP 4, situé en bordure de la fosse "Flône-Boulade", sont influencés par l'exhaure de la carrière, contrairement à HEP 8 où il n'y a pas d'exhaure dans la carrière "Bois des Gattes". D'une manière générale, les hautes eaux se situent en été, parfois fin de l'été, et les basses eaux plutôt en hiver, voire au début du printemps. Les fluctuations piézométriques au droit de HEP 4 ne suivent pas toujours ce schéma. Un décalage de certains pics est parfois observé.

Le puits HEP 8 présente un niveau piézométrique supérieur d'une trentaine de mètres de celui observé en HEP 4.

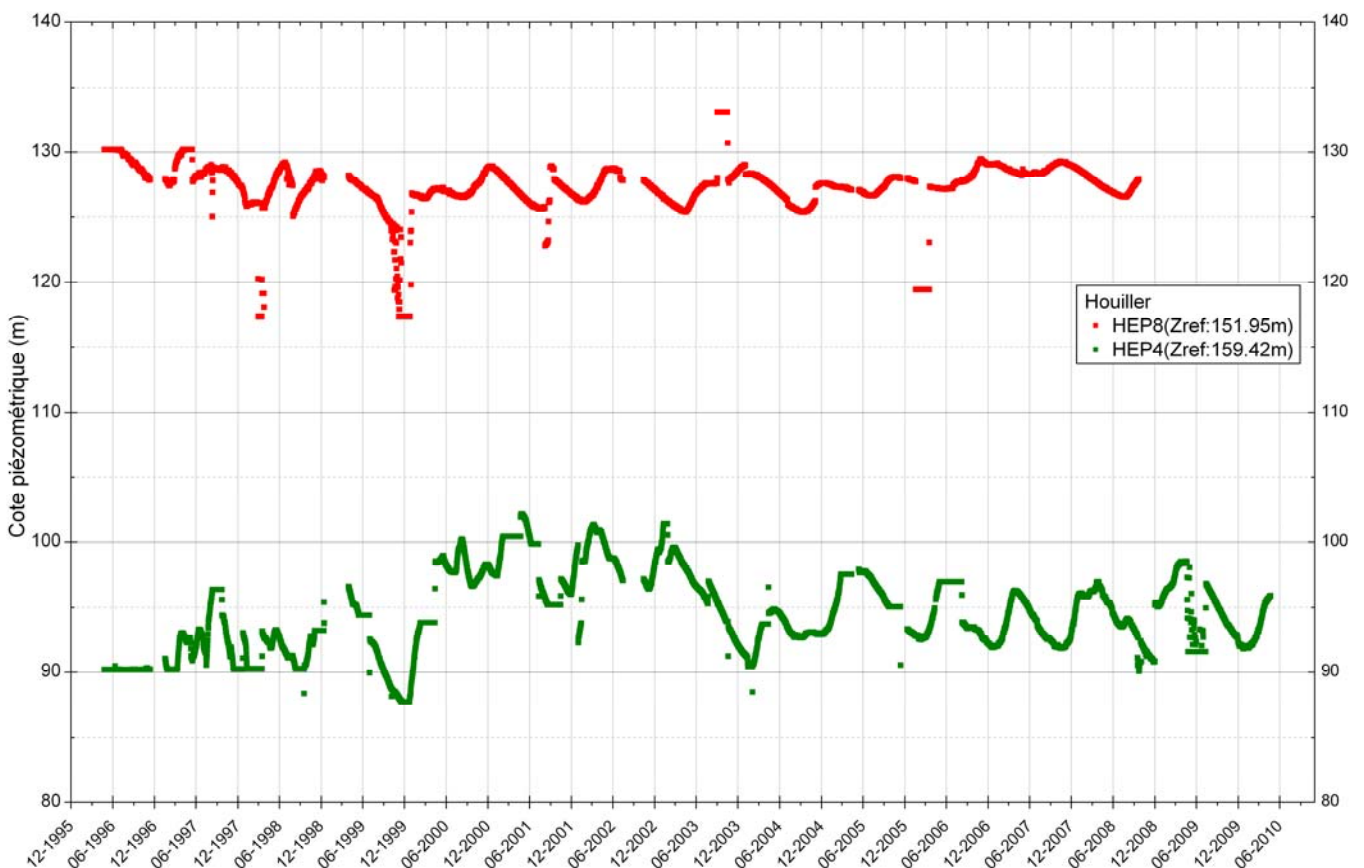


Figure IV.8 : Fluctuations piézométriques de l'aquiclude à niveaux aquifères du Houiller à Flône

Sur la commune d'Engis, le site "Terres Rouges", ancienne exploitation d'alun et dépôt de déchets ménagers et divers, a été réhabilité en 2001-2002 par la SPAQuE (site Lg2502-01)(SPAQuE, 2008). Lors de l'étude du site, des piézomètres ont été forés afin de mieux définir le contexte hydrogéologique de la zone. Des niveaux y ont été mesurés et sont reportés sur la carte principale.

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

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

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

Ainsi la Région Wallonne a lancé (avec l'aide de la Commission Européenne) des études approfondies afin de mieux comprendre ces phénomènes et de les prévenir. Depuis 2002, l'ISSeP a été chargé de cette mission. Plusieurs études ont été menées d'abord dans la zone pilote de Wandre-Cheratte (carte Dalhem-Herve), ensuite elles ont été étendues aux zones de Herstal-Oupeye-Liège-Nord, Liège-Ans-Saint-Nicolas et St-Georges- Flémalle. Elles ont conduit à la mise en place d'un réseau d'observation hydrologique permettant de suivre le niveau des eaux souterraines et le débit des galeries d'exhaure (Berger et al, 2003; Gardin et al, 2005; Dingelstadt et Drevet, 2007; Drevet et al, 2009). Ce réseau est, entre autres, destiné à servir de système d'alerte pour les coups d'eau.

Ces études des conséquences de l'après-mine ont permis de collecter, mesurer et synthétiser de nombreuses données hydrogéologiques, entre autres. Un inventaire exhaustif a été mené permettant ainsi de décrire au mieux le contexte minier de la région étudiée. La zone Flémalle – Saint-Georges s'étend partiellement sur la carte hydrogéologique Jehay-Bodegnée - Saint-Georges (figure IV.9). Les gisements exploités dans cette zone sont principalement du charbon de l'Etage Westphalien (six concessions houillères), mais également des schistes alunifères dans le Houiller inférieur H1 (quatre concessions) et des mines métalliques (plomb, zinc, fer) dans les calcaires du Carbonifère (deux concessions). Le recensement minutieux des galeries d'exhaure, de leurs sorties (œil d'areine), des puits de mines effectué par l'ISSeP montre que sept galeries débouchent directement dans la Meuse. D'autres galeries d'exhaure, creusées parallèlement à

l'axe du fleuve, débouchent dans divers ruisseaux s'écoulant dans cette zone (ruisseaux des Awirs, du Vieux-Logis...). Il faut également noter que de nombreux "oeils d'areine" sont reprises sur les plans miniers sans pour autant qu'une galerie d'exhaure leur soit attribuée (Drevet et al, 2009). L'inventaire des puits de mine a conduit à en comptabiliser 1221 pour la zone Flémalle-St-Georges. Pour des raisons de lisibilité, ils ne sont pas repris sur la carte de la figure IV.9.

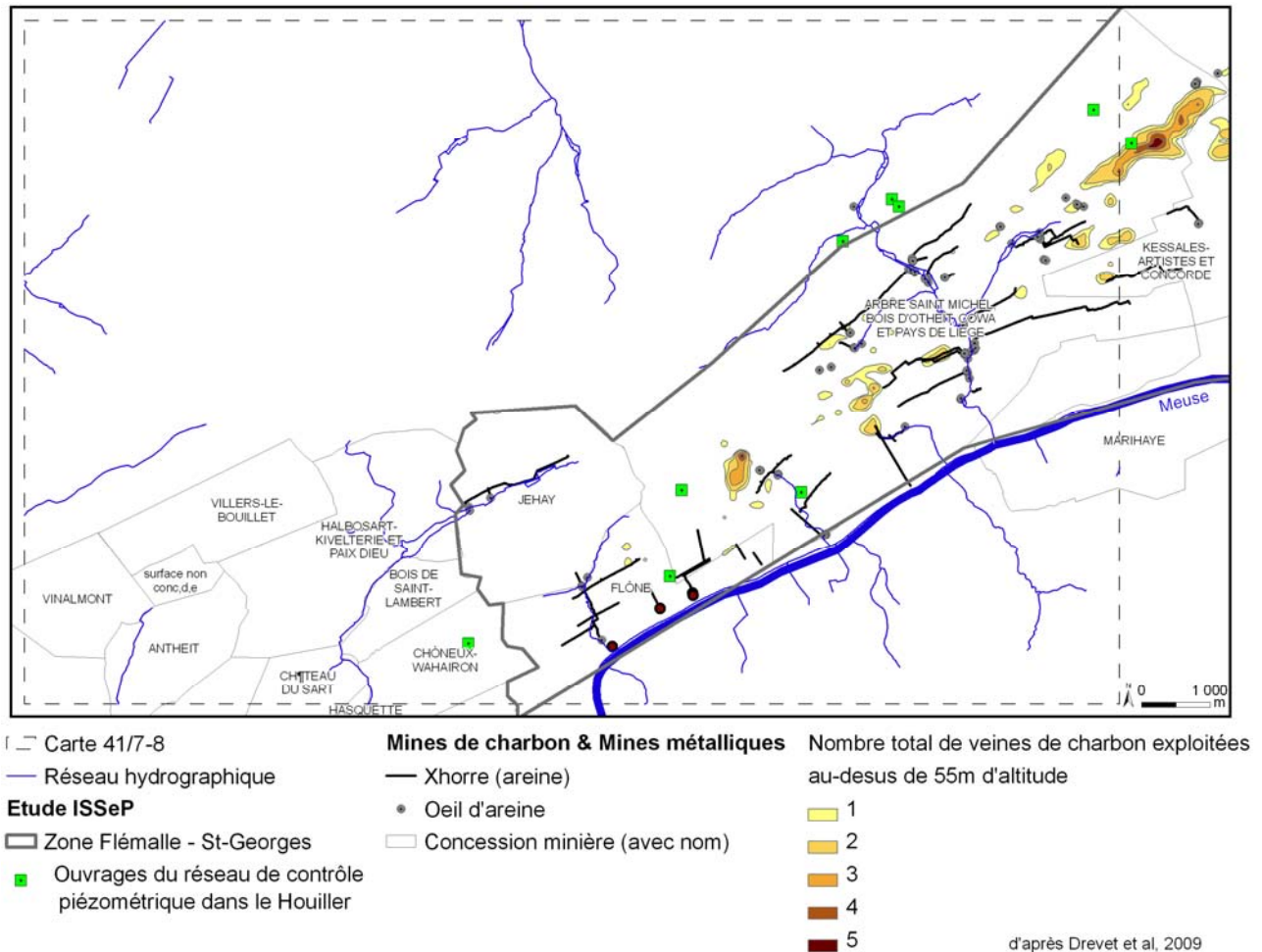


Figure IV.9 : Zone Flémalle-St-Georges (projet "Après-mine", ISSeP)

Un réseau de surveillance piézométrique a été mis en place par l'ISSeP. Il compte huit ouvrages implantés dans l'unité hydrogéologique du Houiller au droit de la zone étudiée. Cinq font l'objet d'un suivi piézométrique. Sur la carte 41/7-8, parmi ces forages-ci, se trouvent les deux piézomètres HEP 4 et HEP 8 des carrières Dumont-Wautier dont les chroniques piézométriques sont présentées ci-dessus. Concernant les autres ouvrages, les données piézométriques sont, actuellement, trop peu nombreuses pour permettre une analyse pertinente. Deux échantillons d'eau ont été prélevés dans deux galeries d'exhaure de mines métalliques. Des analyses de sédiments du lit du ruisseau des Awirs ont été aussi interprétées. On constate des teneurs élevées en manganèse, fer, sulfates, zinc, plomb. *Ces valeurs témoignent, si pas des conséquences de l'ancienne activité minière des filons métalliques, au moins du contenu naturellement riche en métaux dans le sous-sol de cette zone du bassin de la Meuse* (Drevet et al, 2009).

IV.2.4. Aquifère des calcaires du Carbonifère

Sur le territoire couvert par la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges, les calcaires du Carbonifère sont davantage exploités pour leurs ressources minérales que pour leur qualité de réservoir d'eaux souterraines. Tant en rive gauche qu'en rive droite, on observe quelques carrières importantes dont les carrières Dumont-Wautier s.a. (groupe Lhoist) et la carrière du Lion de Carmeuse s.a. Les roches carbonatées de la région sont exploitées pour la production de granulats, de chaux et de calcaires industriels. Le contexte hydrogéologique autour de ces sites peut être précisé grâce aux piézomètres de surveillance mis en place par les carriers. Des chroniques piézométriques sont disponibles. A Villers-le-Bouillet, quelques ouvrages de la SWDE sollicitent les calcaires du Carbonifère.

En rive gauche de la Meuse, entre Flône et Engis, se trouve les carrières Dumont-Wautier, huit piézomètres ont été forés (figure IV.10). Un suivi piézométrique est assuré à l'aide de capteur de pression par le groupe Lhoist. Les niveaux d'eau mesurés en août 2010, repris sur la figure IV.10 (ainsi que sur le poster de la carte hydrogéologique), montrent que le sens d'écoulement général des eaux souterraines est dirigé vers la Meuse, perpendiculairement à la direction des couches géologiques. Les cotes piézométriques de la nappe du Houiller sont systématiquement plus hautes que celles de la nappe des calcaires carbonifères. Ceci est également observé, plus à l'est, au droit du site 'Terres Rouges' (voir niveaux piézométriques reportés sur le poster). Ce constat indique que l'aquiclude à niveaux aquifères du Houiller est perché et peut alimenter par débordement l'aquifère calcaire. Le travail en carrière, extraction des matériaux rocheux avec ou sans exhaure, induit un rabattement plus ou moins important de la nappe. Dans la carrière "Flône-Boulade" (fosse SW, lieu-dit "La Mallieule"), une exhaure est pratiquée, contrairement à la carrière "Bois des Gattes" (fosse au nord-est du site).

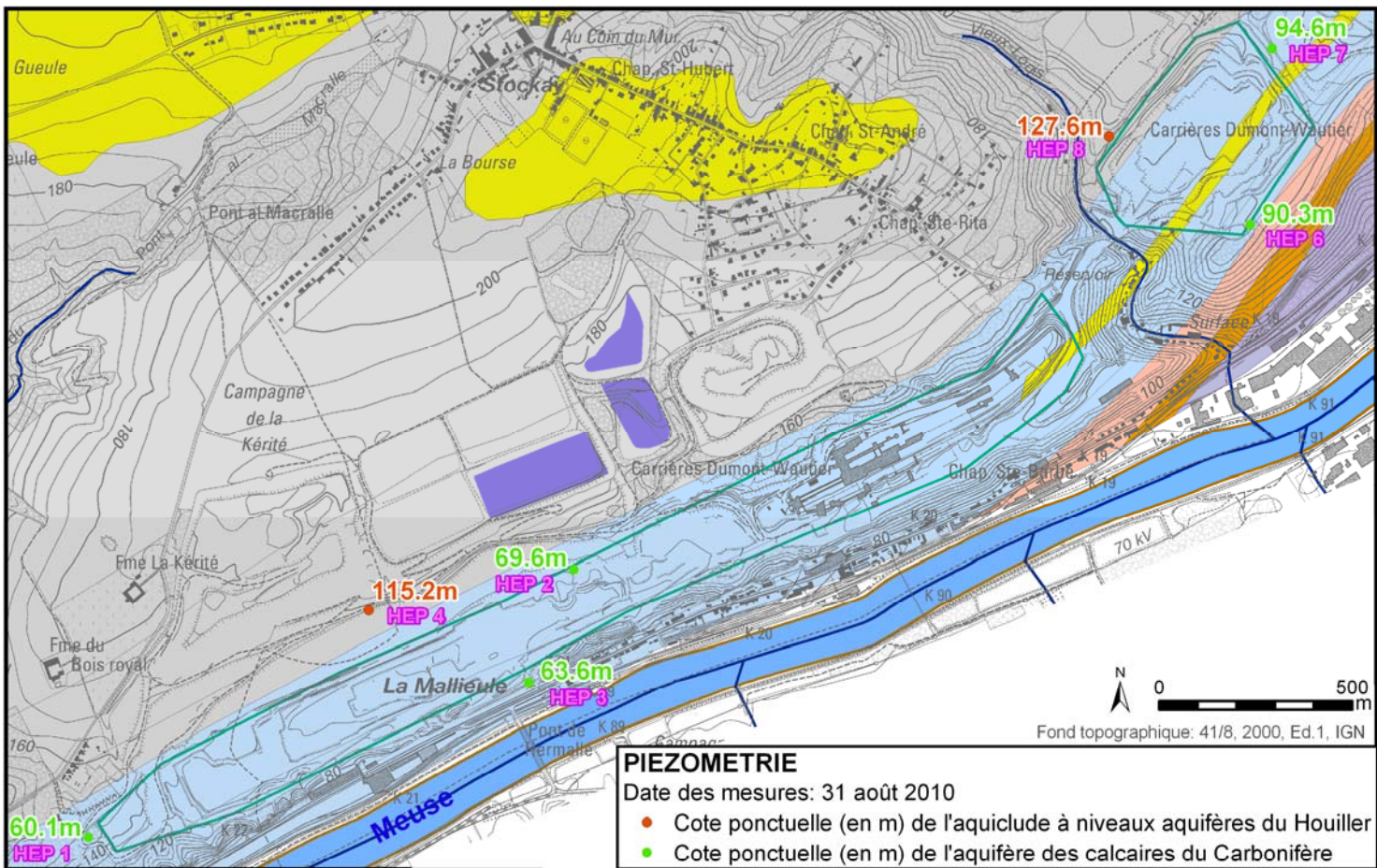


Figure IV.10 : Localisation des piézomètres du site des carrières Dumont-Wautier (Lhoist) à Flône. Indication du niveau d'eau (31 août 2010)

Tous les piézomètres actuels sont situés en dehors des fosses d'extraction ou sur des paliers intermédiaires. L'ouvrage HEP 5 était situé dans le fond d'une des fosses d'extraction mais il n'existe plus depuis octobre 2001. Les ouvrages HEP 3 et HEP 6 sont implantés dans les dolomies du Tournaisien, les 4 autres forages (HEP 1, HEP 2, HEP 5, HEP 7) dans les calcaires viséens. Les premières chroniques piézométriques débutent en décembre 1995 (figure IV.11). On y observe quelques valeurs aberrantes dues à des problèmes techniques avec le capteur de pression. Définir les périodes de hautes eaux et de basses eaux est relativement mal aisé à partir de ces données. On n'y note pas de périodicité marquée et régulière. Le niveau d'eau de la nappe des calcaires, en plus d'être influencé par les variations saisonnières, est aussi perturbé par l'exhaure de la carrière. Ainsi, les brusques variations du niveau piézométrique sont probablement à mettre en relation avec des modifications de l'exhaure (augmentation, arrêt) liées vraisemblablement à un déplacement du front de taille.

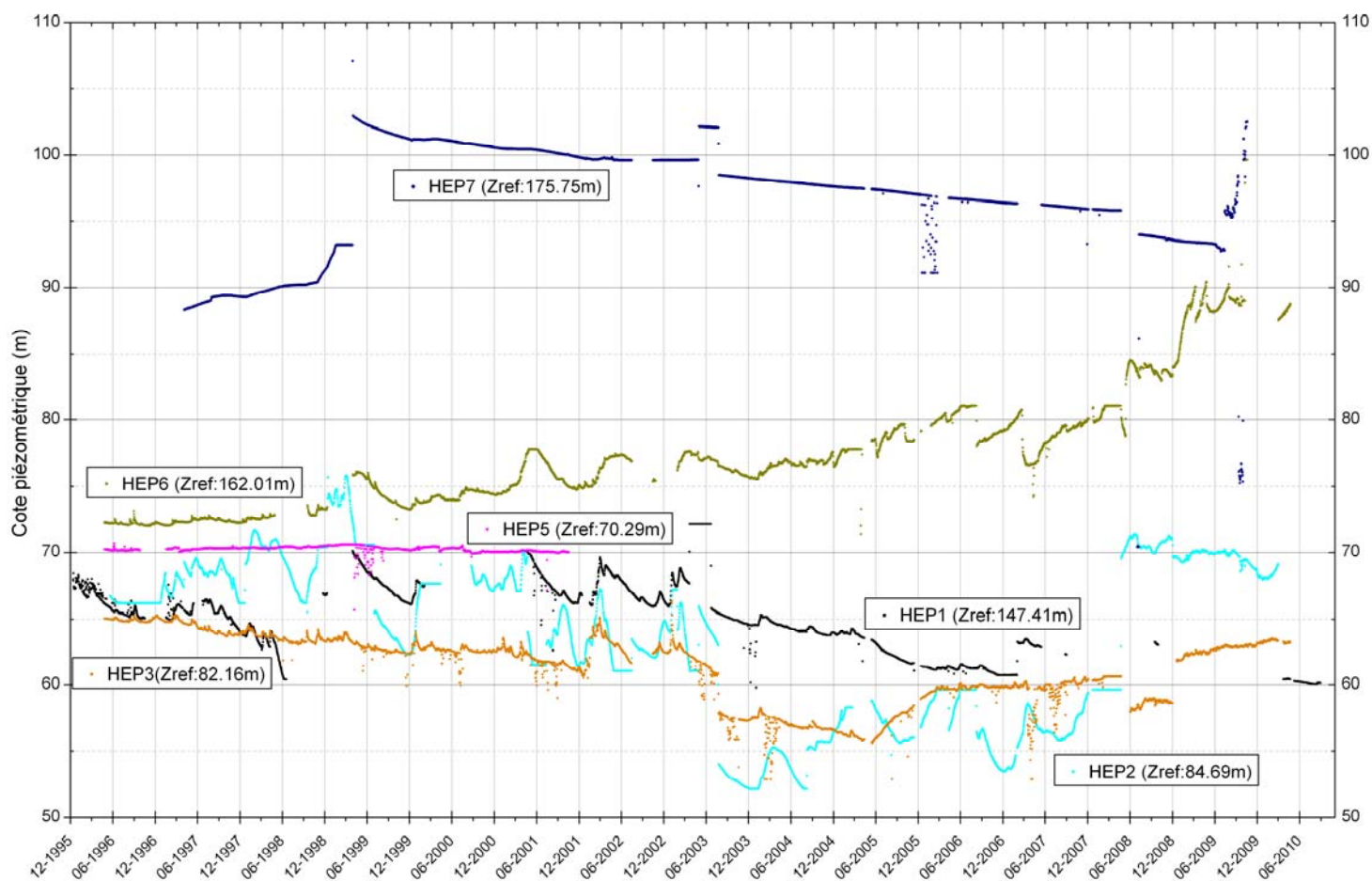


Figure IV.11 : Fluctuations piézométriques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère à Flône

Le niveau d'eau du puits HEP 1 est en baisse depuis l'été 2003 avec une accentuation au printemps 2005 (figure IV.12). Parallèlement, le niveau d'eau observé en HEP 3 remonte significativement à cette même période (figure IV.13). A titre indicatif, le fond de la fosse ouest, où se situe HEP 1, est à 34 m, avec une remontée d'eau jusque 44 m. La fosse est (HEP 2-HEP 3) a été exploitée jusqu'à la cote 18 m. Elle est maintenant remblayée jusqu'à la cote 67 m minimum.

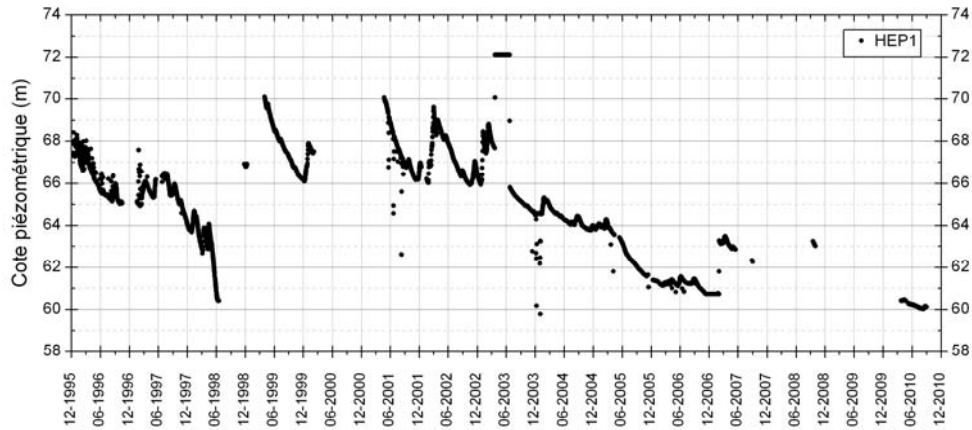


Figure IV.12 : Fluctuations piézométriques observées dans le forage HEP 1

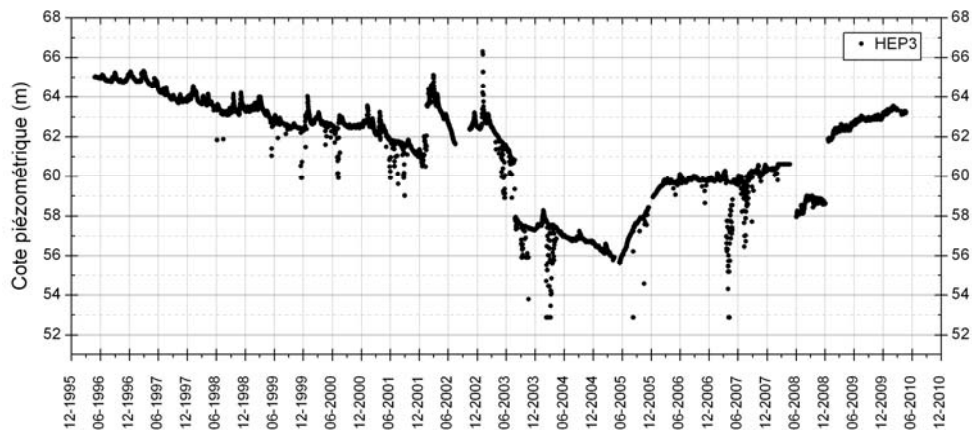


Figure IV.13 : Fluctuations piézométriques observées dans le forage HEP 3

Le niveau d'eau mesuré dans le forage HEP 5 est subaffleurant, et même épisodiquement artésien (figure IV.14). Le fond de fosse "Usine", où était implanté, ce puits est à la cote d'environ 70 m.

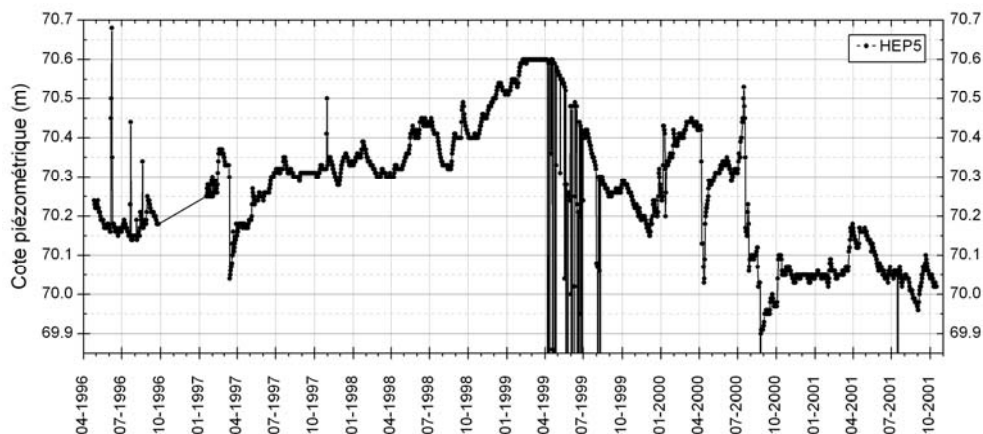


Figure IV.14 : Fluctuations piézométriques observées dans le forage HEP 5

A défaut de connaître les volumes pompés quotidiennement, la figure IV.15⁴ reprend la répartition des eaux pompées annuellement dans la carrière "Flône-Boulade". On constate que le volume total d'eau augmente, avec un saut significatif en 1996. D'environ 500 000 m³ par an, on passe à plus de 1 million de m³ par an. Cet accroissement est dû à l'augmentation du volume issu des eaux souterraines (exhaure), les parts dévolues aux précipitations et au ruissellement étant relativement stables. Bien qu'il soit avéré que l'exhaure en carrière influence le niveau piézométrique de la nappe des calcaires carbonifères. Ces données ne permettent pas d'analyses détaillées à ce sujet. En effet, il est peu judicieux de tirer des conclusions en croisant des données collectées avec un pas de temps différent. Les niveaux d'eau sont mesurés toutes les 4 heures.

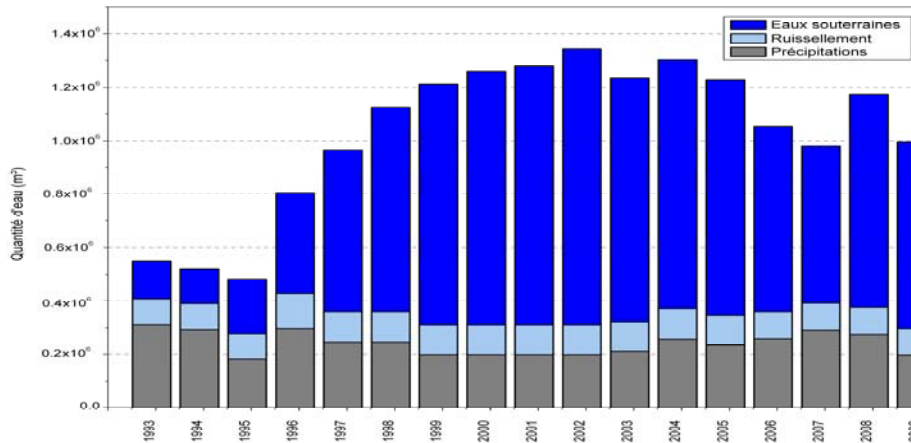


Figure IV.15 : Répartition du volume d'eau pompé dans la fosse "Flône-Boulade" des carrières "Dumont-Wautier"

Il n'y a pas d'exhaure dans la carrière "Bois des Gattes", située au nord-est du site. Le fond de la fosse est situé plus ou moins à l'altitude de 100 m. Le niveau piézométrique au droit de HEP 6 augmente régulièrement depuis le début des mesures (avril 1996). De la chronique piézométrique présentée à la figure IV.16, il semble se dégager des périodes de hautes eaux et de basses eaux, respectivement en avril-mai et en novembre-décembre. L'amplitude piézométrique entre ces périodes varie d'une année à l'autre.

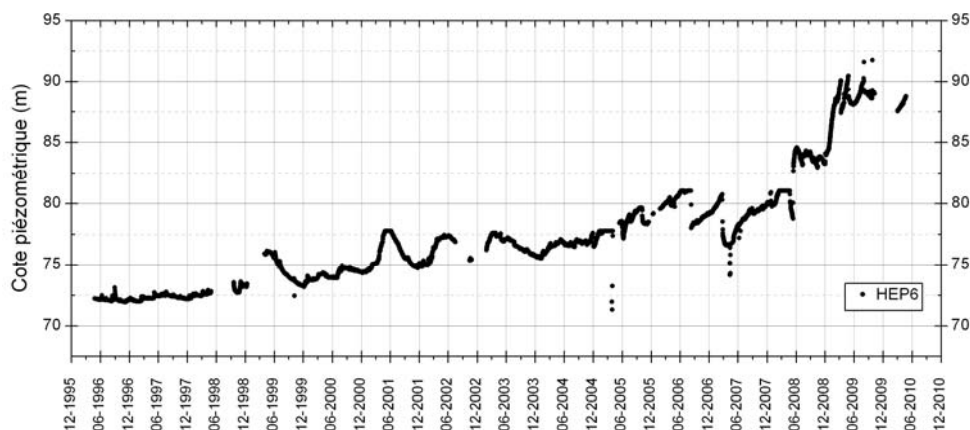


Figure IV.16 : Fluctuations piézométriques observées dans le forage HEP 6

⁴ Cette répartition du volume total prélevé a été fournie par les Carrières et Fours à Chaux Dumont-Wautier s.a. (société du Groupe Lhoist, site "La Mallieue" à Saint-Georges-sur-Meuse)

En rive droite de la Meuse, à Clermont-sous-Huy, une trentaine de piézomètres a été forée tant dans l'aquifère des calcaires du Carbonifère que dans les autres unités hydrogéologiques. La figure IV.17 présente la situation piézométrique d'avril 2010. L'écoulement général des eaux souterraines est dirigé vers la Meuse, avec une composante dirigée vers le ruisseau d'Engihoul traversant le site du sud au nord.

Le rabattement dû à la carrière du Lion est très marqué (Carmeuse: Pz4: 11,1 m; Pz7: 23,7 m). Le fond de la fosse est aux alentours de l'altitude de 13 m. Un important décrochement piézométrique est observé entre Pz1-Chena (97.9 m) et Pz1-Prayon qui est à sec en avril 2010 (soit cote piézométrique < à 30 m). Ces deux ouvrages sollicitent l'aquifère des calcaires carbonifères et leur tête de puits est à des altitudes voisines (écart: ± 2 m). Le contexte géologique et hydrogéologique local pourrait expliquer cette différence des niveaux piézométriques (présence d'une couche argileuse, degré de fracturation différent, karstification,...). Ces conditions vont induire une réponse piézométrique différente suite aux travaux de la carrière. On note aussi, au nord de Pz1-Prayon, se développe le système karstique de la grotte de Rosée. Jadis, un écoulement souterrain permanent y était observé. Depuis les travaux de la carrière, cet écoulement pérenne n'existe plus, le niveau d'eau de la nappe étant nettement rabattu par la carrière. Les phénomènes karstiques sont développés en détails par la suite.

En outre, les niveaux d'eau de la nappe des calcaires sont plus bas que ceux observés dans les unités hydrogéologiques voisines, de nature plus schisto-gréseuse, présentant une perméabilité plus faible.

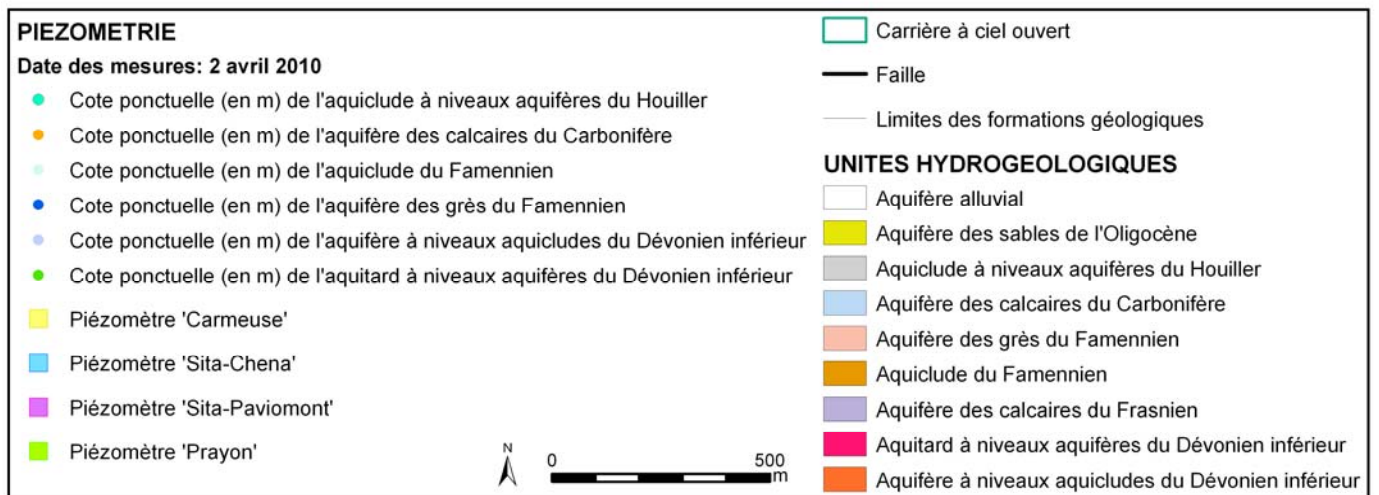
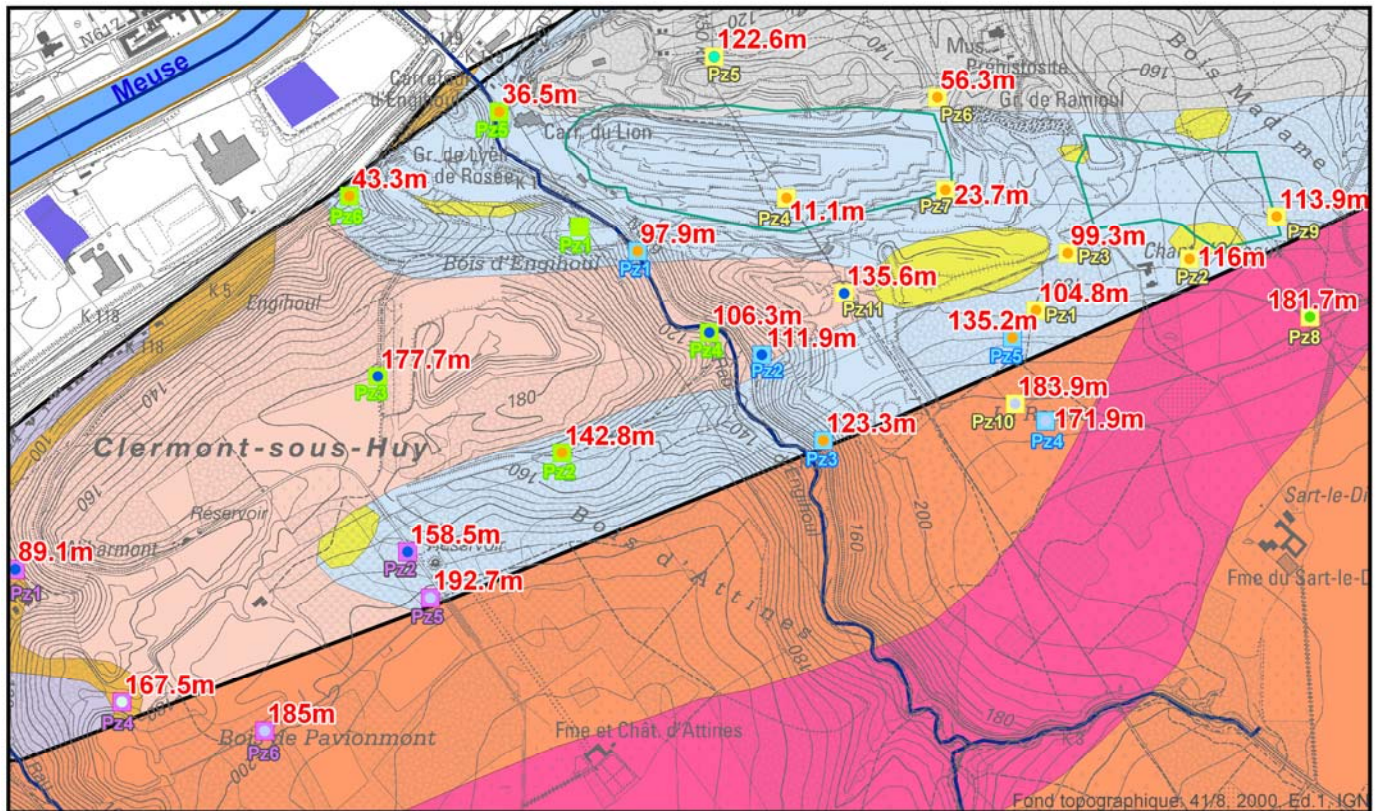


Figure IV.17 : Localisation des piézomètres situés dans le périmètre de la carrière du Lion à Clermont-sous-Huy. Indication du niveau d'eau (2 avril 2010)

Quelques chroniques piézométriques sont disponibles (figure IV.18). Elles concernent les forages "Prayon". Les profondeurs d'eau mesurées dans les piézomètres forés dans les calcaires carbonifères sont relativement importantes, comprises entre 5 à 10 m/sol (Pz2) et 24 à 66 m/sol (Pz1), comparées à celles observées dans les puits implantés dans les grès famenniens (où l'eau est à 2-3 m/sol, pour Pz4, et à 5-8 m/sol pour Pz3). De même, l'amplitude des variations piézométriques est nettement plus faible pour ces ouvrages que pour ceux logés dans les calcaires. L'influence de la carrière se lit dans les chroniques piézométriques des forages situés à proximité de la carrière (Pz1-Pz5).

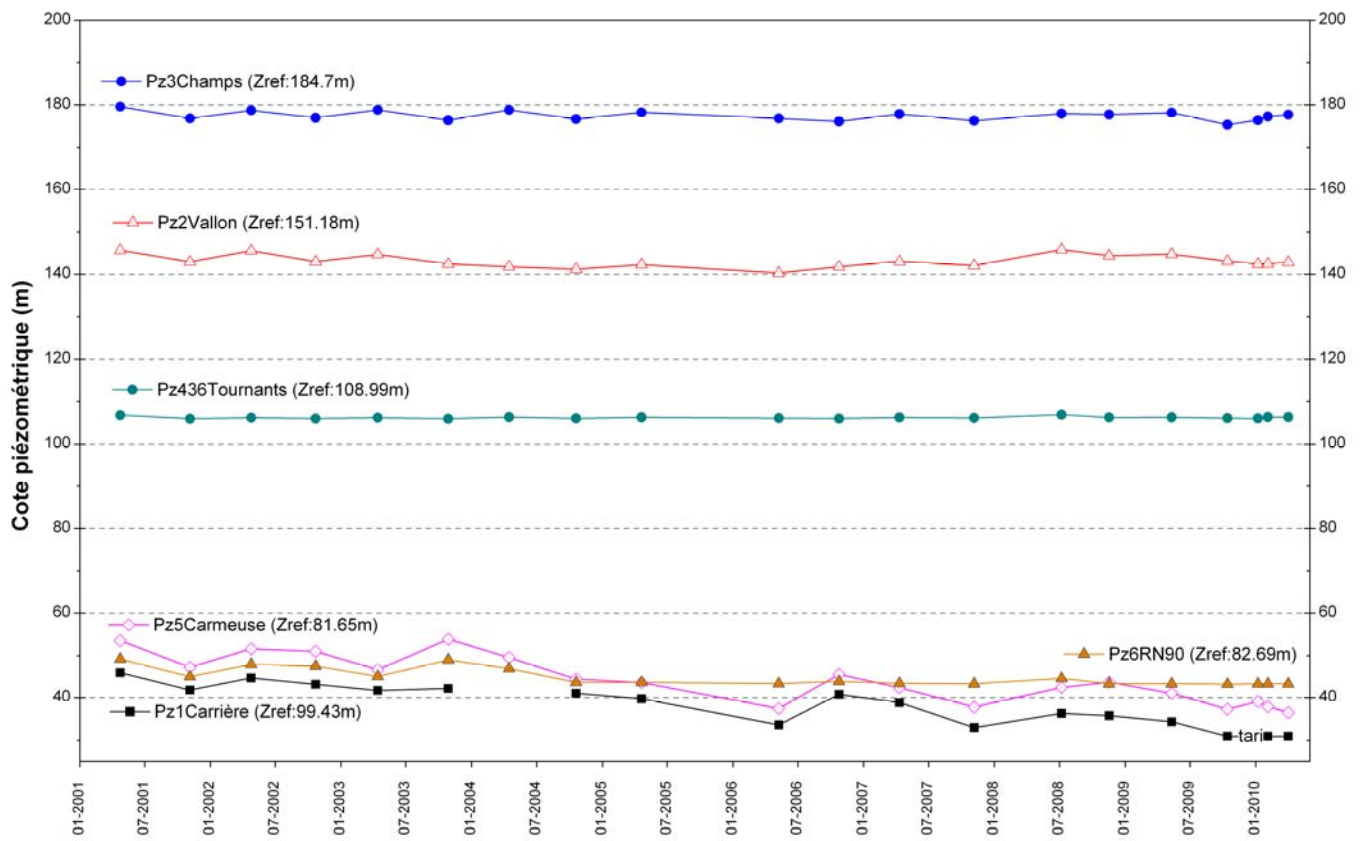


Figure IV.18 : Fluctuations piézométriques au droit des forages "Prayon" à Clermont-sous-Huy

Dans la partie occidentale de la carte étudiée, dans la région de Vinalmont (Villers-le-Bouillet), la SWDE possède un site de captage, non exploité actuellement (figure IV.19). Les 5 ouvrages du site sollicitent l'aquifère des calcaires du Carbonifère (bord nord du Synclinorium de Namur). Seul le puits de reconnaissance PR3 recoupe les terrains houillers (sur environ une soixantaine de mètres). Le tableau IV.2 reprend les profondeurs des forages. Les investigations menées sur le terrain (mesures piézométriques, essais de pompage) par la SWDE ont pu déterminer le caractère de la nappe (SWDE, 1992 & 2005). Ainsi, au nord (P1-VLB & PR1), la nappe des calcaires carbonifères est libre, par contre au sud (P1-Vinalmont, PR2 & PR3), la nappe est captive.

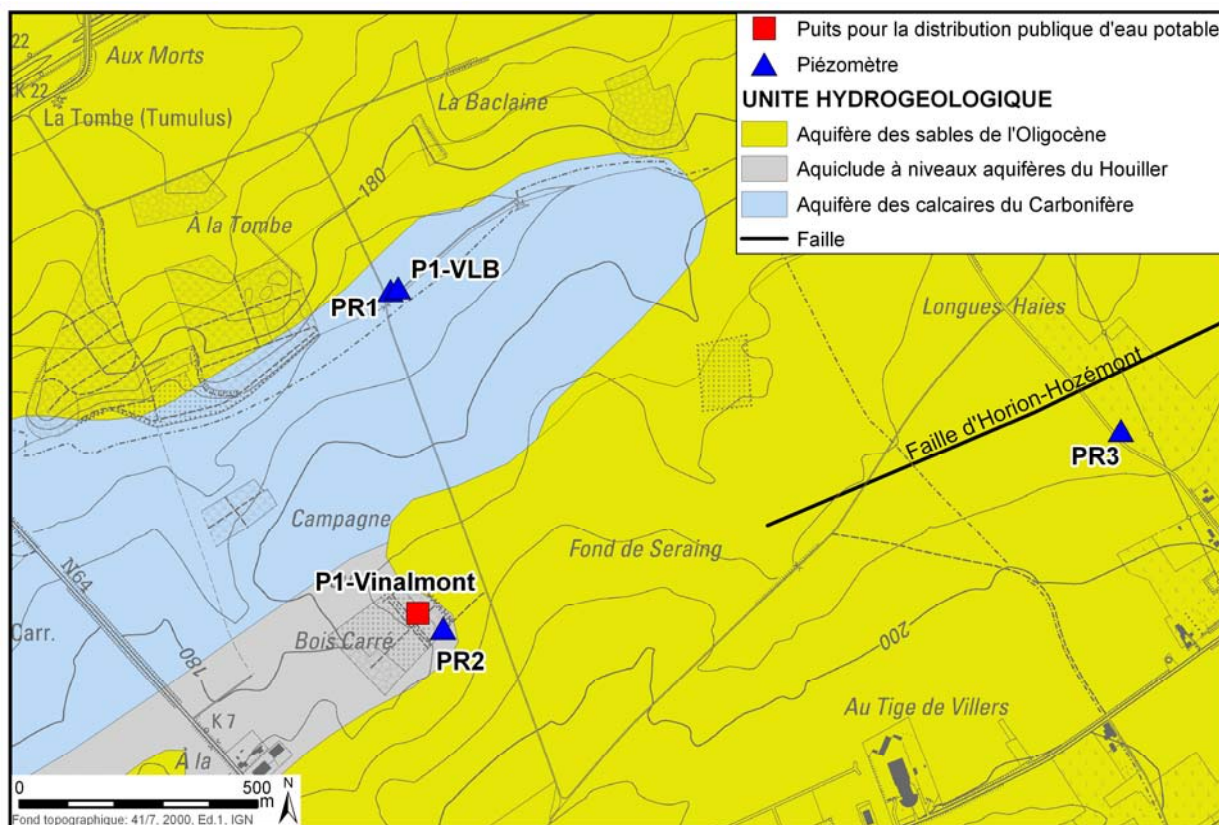


Figure IV.19 : Localisation des ouvrages SWDE à Vinalmont, Villers-le-Bouillet

Tableau IV.2: Profondeur des forages SWDE à Villers-le-Bouillet

Ouvrage	Profondeur (m)
P1-VLB	86
P1-Vinalmont	225
PR1	105
PR2	254
PR3	262

Les eaux souterraines s'écoulent vers le sud-ouest, en direction de la Meuse. Les données piézométriques disponibles pour ce site ne permettent pas une analyse détaillée des fluctuations du niveau de la nappe des calcaires carbonifères dans cette zone (figure IV.20). Seul le puits PR1

dispose d'une chronique s'étendant sur plusieurs années, mais malheureusement avec un hiatus de 10 ans (1996-2006).

Le puits PR1 est intégré au réseau de surveillance mis en place par le Service Public de Wallonie (réseau 'qualité' et réseau 'quantité').

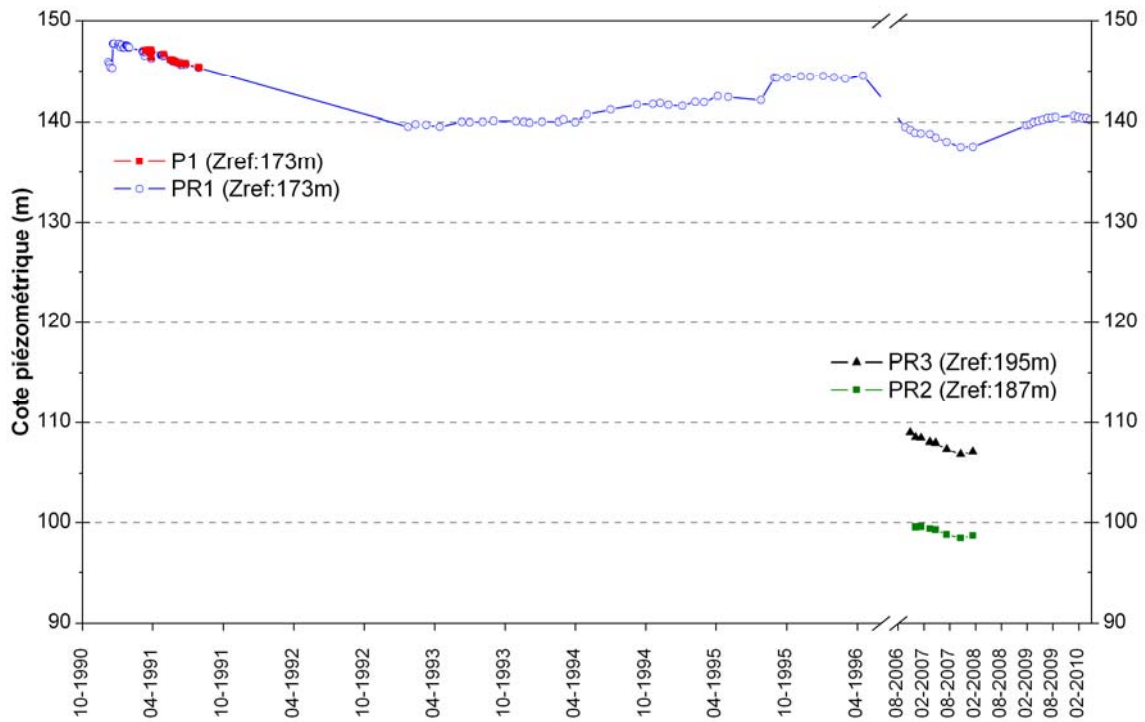


Figure IV.20 : Fluctuations piézométriques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère à Villers-le-Bouillet (site SWDE)

Phénomènes karstiques

Dans la zone sud-est de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges, on observe de plusieurs phénomènes karstiques. 68 phénomènes karstiques sont recensés dans l'atlas du karst wallon (CWE PSS, 2006). Ils se situent essentiellement au droit des formations calcaires du Carbonifère, en rive droite de la Meuse (figure IV.21). Les phénomènes karstiques répertoriés dans la région sont, outre les pertes-chantoirs et les résurgences, des abris-sous-roche, des cavités et grottes.

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

- le réseau de recoupement souterrain de méandre. Il consiste à relier les deux bras en amont et en aval d'un ou plusieurs méandres par un réseau souterrain phréatique. Une partie ou toute la rivière se perd en amont du méandre en rive ou dans le lit du cours d'eau. En aval, une ou des résurgences vaclusiennes débouchent sur les berges ou dans le lit de la rivière, en rejetant une partie ou toute l'eau emmagasinée.

- le réseau de chanoir-résurgence. Ce type de réseaux est lié aux affluents subséquents⁵ des rivières principales et est faiblement encaissé.

Seul le second type se retrouve sur la carte étudiée. Deux sites ont été étudiés. Ils sont décrits dans les lignes qui suivent sur base essentiellement des données fournies par l'Atlas du Karst Wallon (CWE PSS, 1996 & 2006; Van den Broecke *et al.*, 1910; CWE PSS, FPMs, ULg, 1995-2005). Des traçages (ou simplement des colorations) ont parfois été réalisés, prouvant ainsi la liaison souterraine. Au droit d'autres sites, les liaisons sont fortement présumées mais non pas été validées par un test in-situ.

Parmi les données mises à disposition par le SPW sur son portail cartographique, se trouvent les phénomènes karstiques. Il s'agit de la version vectorielle de l'Atlas du karst wallon. Il comprend les sites karstiques ponctuels ainsi que les écoulements souterrains. A chaque élément géographique est liée une fiche descriptive. Toute la Wallonie est couverte. Ces données sont consultables via l'application environnementale WebGIS 'OGEAD' (pour Outil Géo-Environnemental d'Aide à la Décision), à l'adresse suivante: <http://environnement.wallonie.be/cartosig/ogead/>

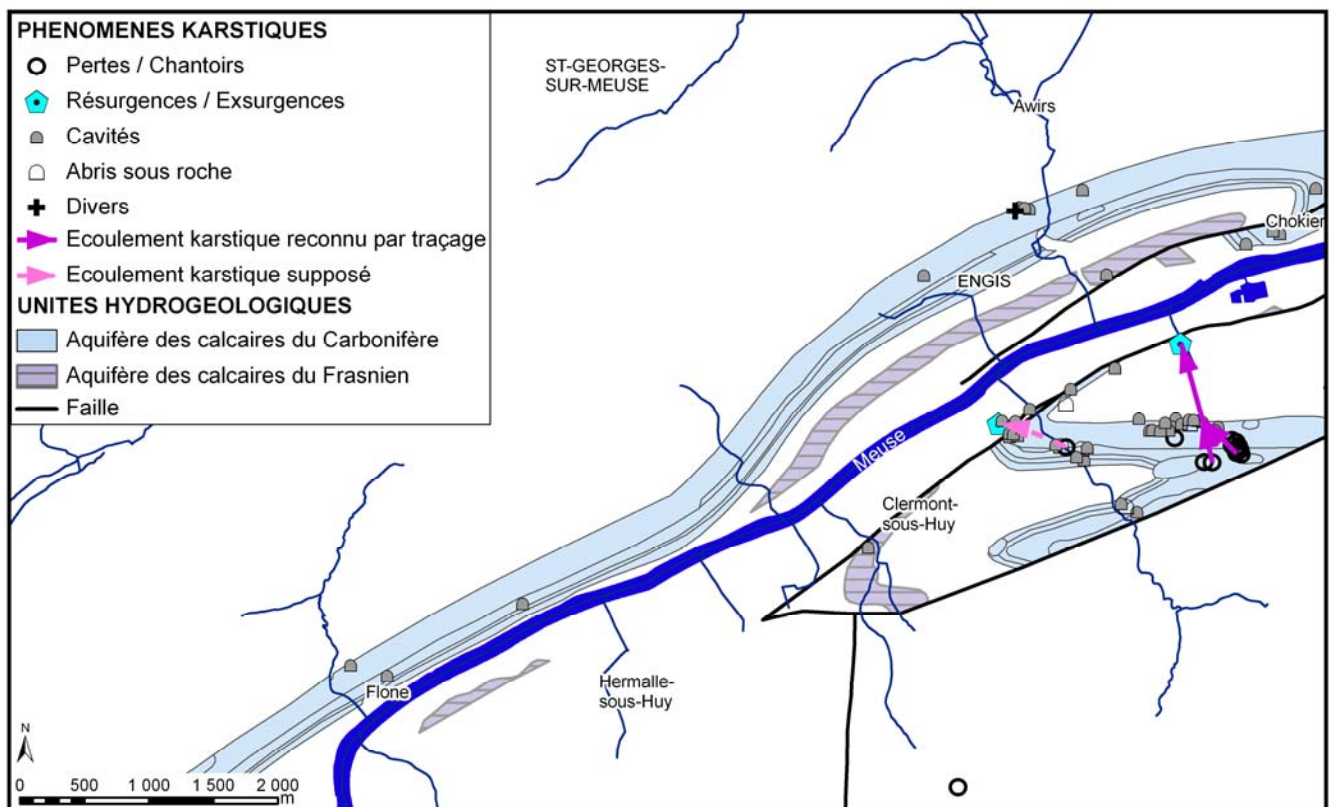


Figure IV.21: Phénomènes karstiques - Carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges

Au sud de la grotte de Ramioul, au lieu-dit 'Chant des Oiseaux', plusieurs dolines-pertes sont répertoriées. Un traceur a été injecté dans ces chantoirs et a été retrouvé dans la rivière souterraine de la grotte de Ramioul, après 21 heures, et à la résurgence du Bruta après 90 heures.

⁵ Rivière subséquente: cours d'eau de 2^e génération, développé perpendiculairement au pendage des couches

Cette résurgence, située dans les schistes houillers, doit son alimentation à une galerie drainante artificielle liée à l'exploitation passée de l'alun (figure IV.22).

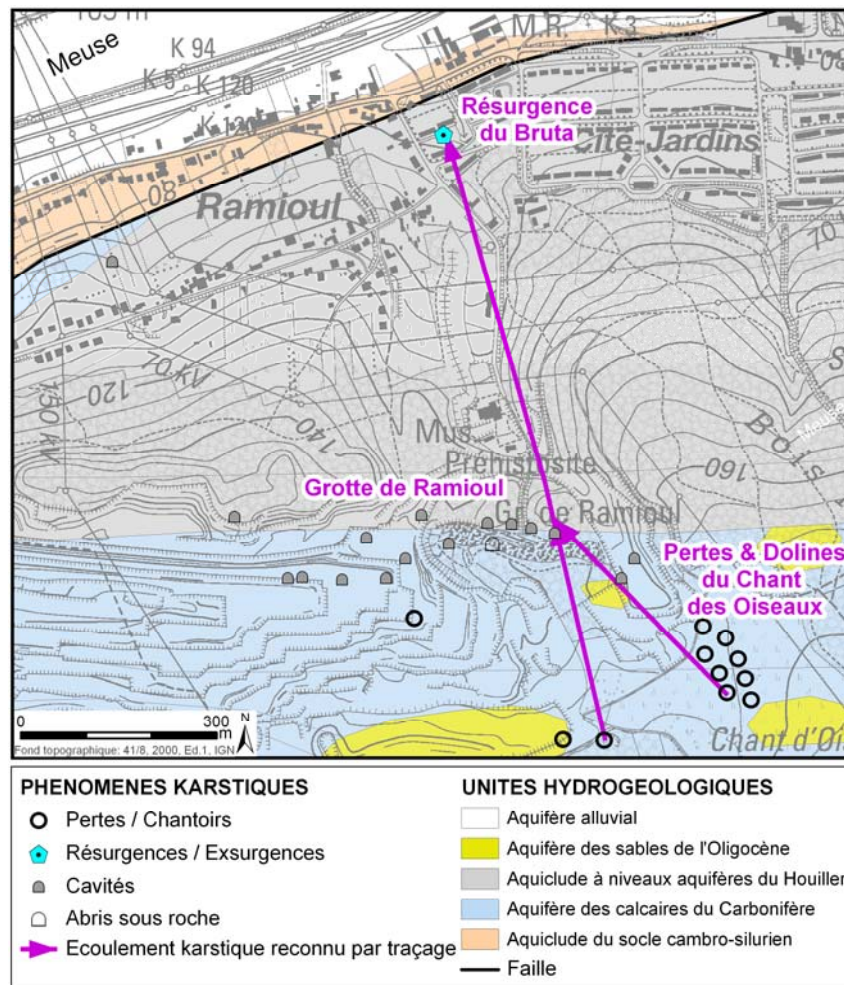


Figure IV.22: Site karstique du Chant des Oiseaux - Ramioul - Bruta

Dans la vallée du ruisseau d'Engihoul, plusieurs pertes ont été repérées et seraient en liaison avec la résurgence de Rosée, actuellement disparue ou canalisée. Beaucoup de sites karstiques de cette zone ont été remblayés ou détruits, complètement ou partiellement, par les travaux liés à l'exploitation de la carrière (figure IV.23).

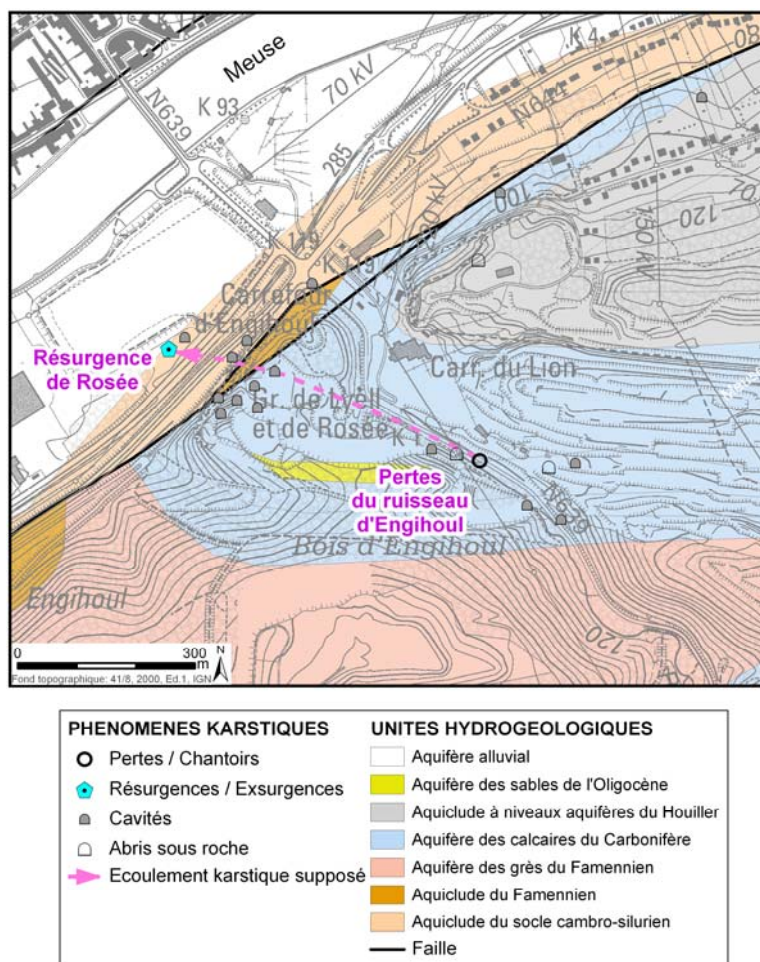


Figure IV.23: Site karstique Engihoul - Lyell - Rosée

IV.2.5. Autres unités hydrogéologiques

Aquifère des grès du Famennien

Occupant une petite partie du territoire de la carte étudiée et présentant des potentialités aquifères réduites (en comparaison avec les autres unités hydrogéologiques de la région), l'aquifère des grès du Famennien est peu étudié. Les quelques ouvrages recensés dans cet aquifère gréseux sont les piézomètres de contrôle à Engihoul (Clermont-sous-Huy). Ces ouvrages sont repris sur les figures IV.17 & IV.18 (paragraphe IV.2.4.). Les relevés indiquent des niveaux d'eau relativement proches de la surface du sol. Les profondeurs d'eau observées sont comprises entre 2 et 9 m. Les fluctuations piézométriques sont de faibles amplitudes.

Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur

Bien que ne représentant pas une ressource en eau souterraine d'importance majeure de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges, cette unité hydrogéologique présente néanmoins un intérêt local, ne fût-ce qu'un rôle environnemental. En effet, les eaux souterraines soutiennent le débit minimal des cours d'eau à l'étiage, participent à l'alimentation des zones humides... Situé dans le sud-est de la carte, cet aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur appartient au bord nord du Synclinorium de Dinant. Quelques ouvrages y sont recensés, piézomètres et puits privés.

Il s'agit en général de forages profonds (< 50 m). Des niveaux d'eau y ont été mesurés et les cotes piézométriques sont reportées sur le poster de la carte hydrogéologique. La nappe aquifère est rencontrée à une profondeur comprise entre environ 10 et 40 m. Les sols, essentiellement limoneux, situés sur ces formations présentent un drainage qualifié de modéré à imparfait, voire assez pauvre. Ces caractéristiques de l'état du drainage des sols confirment le caractère hétérogène de cette unité hydrogéologique avec des horizons moins perméables (aquicludes).

IV.2.6. Coupe hydrogéologique

Une coupe hydrogéologique, orientée NW-SE, est présentée sur le poster de la carte hydrogéologique. Elle traverse les localités de Seraing-le-Château, Verlaine, Jehay-Bodegnée, Hermalle-sous-Huy. Elle recoupe la plupart des unités hydrogéologiques rencontrées sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges. La coupe a été établie à partir de la carte géologique de Stainier (n°133, 1899).

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^è, l'échelle verticale est de 1/25 000 pour la coupe géologique et de 1/2500 pour la coupe hydrogéologique. Ce facteur d'exagération des hauteurs (X10) permet une meilleure visibilité du niveau piézométrique, reporté sur cette coupe.

La smectite (Cp2), d'une puissance de 10 à 20 m, repose en discordance sur le bed-rock paléozoïque pénéplané et est surmontée de craies (Cp3) partiellement érodées ou dissoutes avec, au sommet, un placage irrégulier de silex résiduels (Sx). L'altitude du toit de la smectite de Herve (aquiclude du Campanien), donc la base de l'aquifère des craies de Hesbaye, est comprise entre 120 et 1770 m, du nord au sud). Le pendage des couches est de 1 à 1,5 %, en direction du NW. Il existe au toit de la craie de nombreuses poches de dissolution et d'anciennes exploitations de phosphates de chaux. La faille d'Horion-Hozémont remonte le compartiment septentrional. Cette faille a été supposée sub-verticale. Nous ne disposons cependant d'aucune information géologique l'attestant (pas de forages obliques dans cette région).

La partie méridionale de la coupe traverse la vallée de la Meuse. Géologiquement, elle quitte le Massif du Brabant et croise le Synclinorium de Namur, la Bande ordovico-silurien du Condroz et atteint le bord nord du Synclinorium de Dinant. Bien que non cartographiée sur la carte géologique de Stainier (1899), la Faille eifélienne (Faille du Midi) devrait passer au niveau de la transition Frasnien-Couvinien avec le Silurien, dans la Bande ordovico-silurien du Condroz (zone faillée). La coupe passe au droit de la carrière de la Mallieue de Dumont-Wautier (groupe Lhoist). On notera aussi l'importance des alluvions de la Meuse.

Sur la coupe, le niveau piézométrique mesuré en janvier-avril 2008 a été reporté en trait rouge (trait discontinu lorsque la surface piézométrique a été extrapolée). La galerie captante de la CILE est indiquée sur la coupe. Pour la période d'observation, elle semble fortement influencée l'allure de la surface piézométrique. En se dirigeant vers le sud, la nappe logée dans les craies atteint les formations cénozoïques (sables oligocènes et limons quaternaires). Sur cette coupe, on constate

aussi que la limite d'affleurement de la smectite constitue la limite hydrogéologique du bassin. La situation piézométrique présentée illustre une période de basses eaux.

IV.2.7. Piézométrie de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges

La carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges est relativement bien pourvue en données piézométriques. Bien que de nombreuses données piézométriques soient disponibles pour la plupart des unités hydrogéologiques de la carte, seule la nappe des craies de Hesbaye dispose d'une carte piézométrique (isopièzes reprises sur la carte principale).

L'analyse des diverses cartes piézométriques disponibles pour l'aquifère des craies de Hesbaye montre que l'écoulement global des eaux souterraines se fait en direction du nord, vers le Geer. Un fort effet drainant de la faille d'Horion-Hozémont, provoquant un rabattement local de la nappe dans cette zone, est mis en évidence. D'autres anomalies piézométriques sont observées au droit des vallées sèches (zones d'écoulement préférentiel). La surface piézométrique présente un gradient piézométrique élevé au voisinage des galeries de captage exploitées par la CILE de l'ordre de 1 %; à l'aval le gradient est d'environ 0,5 %. La surface piézométrique est relativement peu influencée par le tracé du Geer et de la Yerne, sauf en aval pour le Geer et plutôt en amont pour la Yerne (entre Verlaine et Donceel, sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges). A l'échelle de la Hesbaye, les limites du bassin hydrogéologique au sud, à l'ouest et à l'est sont proches des limites du bassin hydrologique du Geer. En période de sécheresse prolongée, la craie est pratiquement désaturée dans cette zone et c'est la limite d'affleurement de la smectite de Herve qui constitue la limite hydrogéologique du bassin. Toute la surface piézométrique a tendance à se déplacer verticalement avec un gradient vers le nord assez constant dans le temps. Un délai variant de quelques semaines (région sud de la nappe) à un an et demi (région nord de la nappe) entre les précipitations et l'alimentation effective de l'aquifère est observé induit par la forte épaisseur et la faible perméabilité des limons.

Une carte piézométrique complète n'ayant pu être dressée pour les autres unités hydrogéologiques présentes sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges, des niveaux d'eau ponctuels, relevés dans des puits accessibles sont présentés sur la carte principale. 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'aquifère alluvial de la Meuse est en relation directe avec le fleuve. Cette situation générale peut être perturbée en cas d'aménagement des berges. Tout changement du niveau de l'eau dans le fleuve induit une modification de l'équilibre Meuse-nappe alluviale et une variation de l'épaisseur saturée des graviers de la plaine alluviale. La rivière constituant l'exutoire de la nappe alluviale, les écoulements souterrains sont dirigés vers l'axe du fleuve. Comme présenté dans un chapitre précédent, en fonction de conditions locales particulières (pompages, barrage, crues...), la situation inverse peut parfois avoir lieu temporairement.

Dans les aquifères calcaires, la nappe est susceptible d'être plus rabattue que dans les autres unités hydrogéologiques, présentant ainsi des niveaux d'eau relativement profonds. Dans les aquifères moins perméables, la surface piézométrique est souvent proche de la surface topographique et est davantage influencée par la topographie. Dans les unités hydrogéologiques de nature gréseuse, schisto-gréseux, quartzitique ou quartzo-phylladeuse, on rencontre généralement deux types de nappes: nappe superficielle et nappe profonde. Ce schéma se retrouve dans les mesures piézométriques, entre autres, dans la zone de Clermont-sous-Huy où on dispose de données tant dans l'aquifère des calcaires du Carbonifère que dans les aquifères gréseux et schisto-gréseux du Dévonien. En rive gauche de la Meuse, le groupe Lhoist assure un suivi des niveaux d'eau au droit de plusieurs forages implantés autour et dans sa carrière "La Mallieule". Bien que nettement influencés par la carrière, les écoulements d'eau souterraine sont dirigés vers la Meuse. Les variations piézométriques observées (chroniques présentées en détails au chapitre IV.2.4) sont, en partie, influencées par les modifications de l'exhaure liées aux travaux d'extraction de la carrière. A l'ouest de la carte, dans la région de Villers-le-Bouillet, on remarque que la nappe logée dans les calcaires carbonifères devient captive sous les terrains schisto-gréseux du Houiller. Les eaux souterraines dans cette partie de la carte s'écoulent vers le sud-ouest, vers la Meuse.

Pour quelques forages implantés dans l'aquiclude à niveaux aquifères du Houiller, on dispose également de données piézométriques. Les mesures faites dans les ouvrages Dumont-Wautier (groupe Lhoist) à Flône montrent systématiquement un niveau d'eau dans le Houiller supérieur à celui observé dans les calcaires carbonifères (même si ceux-ci doivent probablement localement et/ou temporairement influencés par l'exhaure de la carrière). La nappe logée dans ces terrains schisto-gréseux participent donc à l'alimentation de la nappe des calcaires.

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.

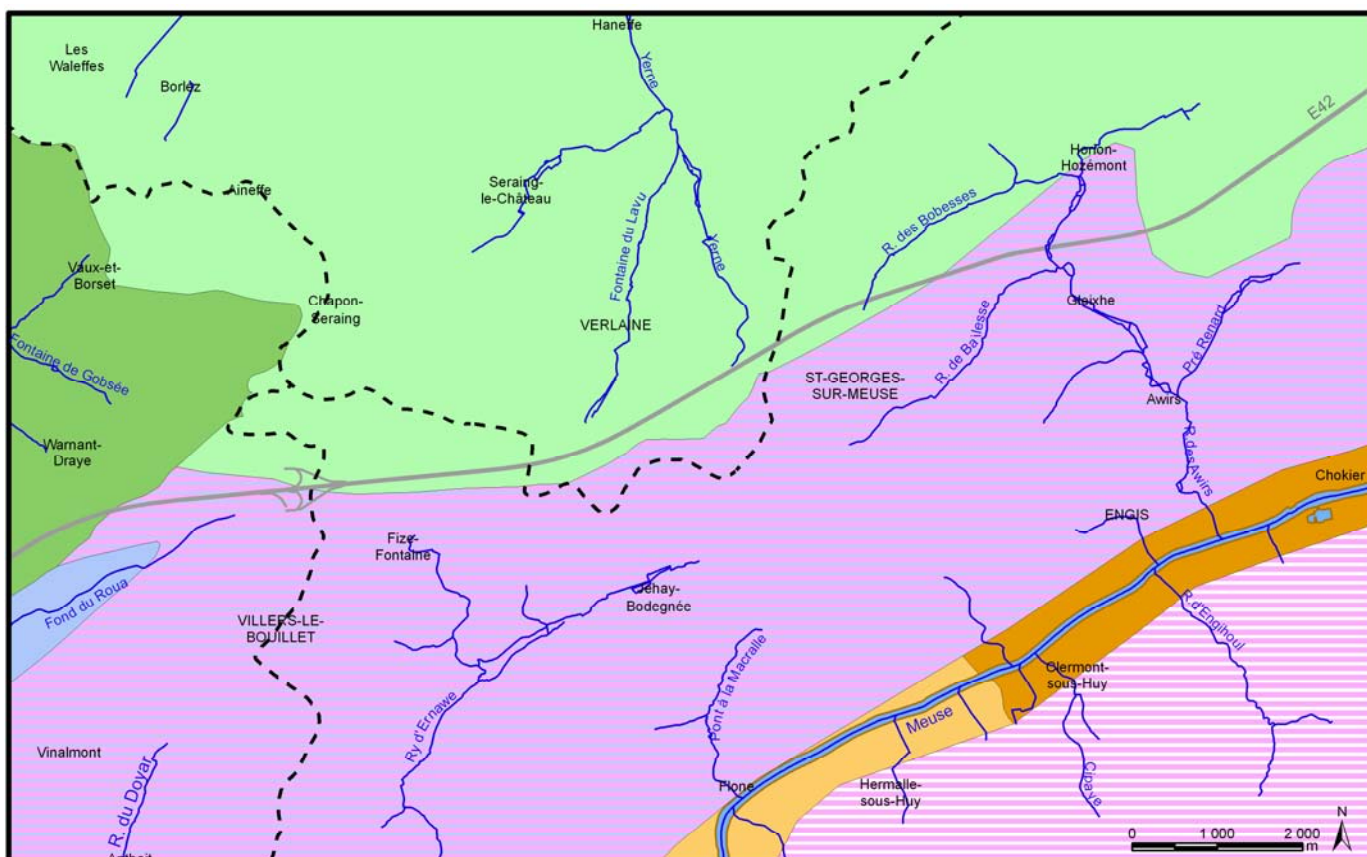
En Région wallonne, depuis l'entrée en vigueur du Code de l'Eau (3 mars 2005), toute la législation relative à l'eau a intégré les anciens textes réglementaires (décrets et articles). L'arrêté relatif aux valeurs paramétriques applicables aux eaux destinées à la consommation humaine (AGW⁶ 15 janvier 2004) se retrouve dans les articles R.252 à R.261 de la partie réglementaire du Livre II du Code de l'Environnement. Les annexes décrivant, entre autres, les valeurs fixées pour les paramètres retenus sont reprises sous les numéros XXXI à XXXIV.

Plusieurs excavations ont jadis été réalisées (calcaires, sables, grès, argiles...). Ces anciens sites d'extraction abandonnés et parfois remblayés avec des déchets et matériaux divers sont des points d'infiltration privilégiés vers les eaux souterraines, tout comme le sont les dolines, chantoirs et autres phénomènes karstiques. Ces sources potentielles de pollution sont donc des lieux à surveiller. Notons que quelques carrières sont encore en activité dans la région.

Un inventaire de ces données est disponible auprès des autorités régionales (DGARNE et DGATLPE). La SPAQuE a inventorié les sites potentiellement contaminés en Wallonie. Ils sont recensés dans une banque de données, WALSOLS, consultable sur <http://www.walsols.be/>. Sur la carte étudiée, deux sites y sont répertoriés. Tous deux sont situés sur la commune d'Engis: Terres Rouges (LG2502-001) et Etablissements Bertrand (LG2503-002).

Dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive cadre sur l'eau (Directive 2000/60/CE), le Service Public de Wallonie a établi un programme de surveillance des 33 masses d'eau définies en Wallonie (http://environnement.wallonie.be/directive_eau). Au niveau des eaux souterraines, un réseau de surveillance de l'état quantitatif et qualitatif a été élaboré et finalisé en décembre 2006. Plusieurs masses d'eau souterraine sont définies sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges (figure V.1 & tableau V.1). Parmi celles-ci, l'élément RWM016 a un statut particulier. En effet, il n'a pas été défini en tant que masse d'eau souterraine au sens de la Directive cadre sur l'Eau pour des raisons quantitatives mais aussi qualitatives. Cette masse d'eau virtuelle ne représente pas une ressource en eau souterraine aisément mobilisable. De plus, son état chimique naturel peut être défini de médiocre en raison de la nature des formations géologiques et de l'activité industrielle passée (charbon et houille) (DGARNE-Direction des Eaux souterraines et Protectis-Cellule DCE, 2010).

⁶ AGW: Arrêté du Gouvernement Wallon



Masses d'eau souterraine (code et nom)

- RWM016 : Schistes houillers (masse d'eau virtuelle)
- RWM040 : Crétacé du bassin du Geer
- RWM041 : Sables et Craies du bassin de la Méhaigne
- RWM072 : Alluvions et graviers de Meuse (Namur - Lanaye)
- RWM073 : Alluvions et graviers de Meuse (Engis - Herstal)
- RWM011 : Calcaires du bassin de la Meuse bord Nord
- Réseau hydrographique
- Berges des rivières à large lit
- Limite des bassins hydrographiques
- Fize-Fontaine Nom de la localité
- Autoroute

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

Figure V.1: Carte des masses d'eau souterraine de la région de Jehay-Bodegnée - Saint-Georges

Tableau V.1: Masses d'eau souterraine situées sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges

Code MESO	Dénomination	Superficie (km ²) sur la carte 41/7-8
RWM011	Calcaires du bassin de la Meuse bord Nord	1
RWM016	Schistes houillers (masse d'eau virtuelle)	16
RWM016/RWM011	Schistes houillers / Calcaires du bassin de la Meuse bord Nord	66
RWM040	Crétacé du bassin du Geer	60
RWM041	Sables et Craies du bassin de la Méhaigne	9
RWM072	Alluvions de la Meuse (Namur-Lanaye) (partie amont)	3
RWM073	Alluvions et graviers de Meuse (Engis - Herstal)	5

V.1. CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

Etant donné la faible quantité de données hydrochimiques disponibles au droit de captages situés sur la carte étudiée, on aura parfois recours aux résultats hydrochimiques de captages situés à proximité immédiate de la zone couverte par la carte.

V.1.1. Aquifères des craies de Hesbaye

Les eaux de la nappe des craies de Hesbaye sont de faciès bicarbonaté calcique de dureté élevée (35 à 45 °F) (type CaHCO₃). Ce type d'eau provient de la dissolution des sédiments et fragments calcaires contenus dans les couches marines. Cette dissolution provoque l'augmentation des teneurs en ions Ca²⁺ et HCO₃⁻ (bicarbonates). Les aquifères formés par des dépôts marins calcaires sont caractérisés par un pH neutre à légèrement basique. L'acidité des eaux souterraines y a été déterminée par la dissolution du CaCO₃ (Interreg II, 2000).

Le tableau V.2 reprend une analyse du captage de Jeneffe situé au nord de la carte étudiée, ainsi que les résultats d'un échantillon prélevé dans le puits CHS077 situé à Verlaine. Cet ouvrage fait partie du réseau de surveillance de la masse d'eau du Crétacé de Hesbaye (RWM040).

Le diagnostic posé en 2009 sur l'état qualitatif de la masse d'eau RWM040 révèle un état médiocre. Les paramètres déclassants sont essentiellement les nitrates et, dans une moindre mesure, les pesticides (DGARNE-Direction des Eaux souterraines et Protectis-Cellule DCE, 2010).

Tableau V.2: Caractéristiques hydrochimiques moyennes de l'aquifère des craies de Hesbaye

Elément	Unité	Niveau-guide	Jeneffe	CHS077
		Code de l'eau	31/01/2006	05/08/2003
pH	unités pH	6,5 à 9,5	7,76	6,7
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	738	820
Dureté totale	° français	67,5	43	40,7
Alcalinité totale	° français	25	27	29,4
Calcium	mg/l	270*	152,3	144,1
Magnésium	mg/l	50*	12,1	11,4
Sodium	mg/l	150	15	23,8
Potassium	mg/l	12	2,38	0,7
Strontium	µg/l	750**	366	337
Fer total dissous	µg/l	200*	4,7	<0,01
Sulfates	mg/l	250	70,1	78
Chlorures	mg/l	200	52,6	34,8
Nitrates	mg/l	50	42,3	39,1
Nitrites	mg/l	0,1	<0,05	<0,2
Ammonium	mg/l	0,5	<0,05	0,175
Silice	mg/l SiO ₂	-	17	13,6

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

V.1.2. Aquifère alluvial de la Meuse

Dans la plaine alluviale de la Meuse, la qualité de l'eau souterraine est déterminée en grande partie par la composition de l'eau d'infiltration et les infiltrations en provenance des couches sous-jacentes (influence du bed-rock paléozoïque). Les autres facteurs pouvant influencer la qualité de l'aquifère peu profond de la vallée de la Meuse sont: la qualité de l'eau du fleuve, la nature des matériaux de remblais utilisés dans la construction de nombreux talus et plates-formes, et enfin les contaminations locales liées à l'activité industrielle.

Quelques résultats d'analyses chimiques d'échantillons d'eau prélevés au droit de puits situés sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges sont présentés au tableau V.3. L'ouvrage 'Puits 1-Elect' fait partie du réseau de surveillance de la masse d'eau RWM073. Ces eaux sont très minéralisées avec des teneurs en calcium et magnésium élevées. Les concentrations importantes en sulfates peuvent s'expliquer par la nature du bed-rock mais peuvent aussi être imputées aux activités industrielles ou minières. En effet, dans la plaine alluviale, à hauteur d'Engis, de nombreuses activités industrielles très polluantes pour le sous-sol se sont succédées depuis 1828 comprenant notamment la fabrication d'engrais phosphatés, l'extraction et la métallurgie des métaux non-ferreux (fonderie de zinc, grillage de la blende, procédés basés sur l'utilisation de l'acide sulfurique), la présence de bassins de décantation, la manipulation de phospho-gypse, etc. On constate un dépassement des normes pour plusieurs paramètres chimiques analysés.

Le tronçon de la nappe alluviale de la Meuse présent sur le territoire de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges fait partie de deux masses d'eau souterraine: RWM072 et RWM073. Le diagnostic posé en 2009 sur l'état chimique de ces masses d'eau est défini, respectivement, comme bon et médiocre. Les paramètres déclassants pour la masse RWM073 sont l'ammonium et les sulfates (D GARNE-Direction des Eaux souterraines et Protectis-Cellule DCE, 2010).

Tableau V.3: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère alluvial de la Meuse

Elément	Unité	Niveau-guide	Pz168-Revatech	P205-P5-Prayon	Puits 1 - Elect
		Code de l'eau	22/09/2005	8/5/2000	06/09/2005
pH	unités pH	6,5 à 9,5	7,5	6,9	7,22
Conductivité	μS/cm à 20°C	2100	1248	2500	793
Dureté totale	° français	67,5	63	160	45,4
Alcalinité totale	° français	25	20,3	-	25,2
Calcium	mg/l	270*	190	580	142
Magnésium	mg/l	50*	38	60	16,2
Sodium	mg/l	150	28,6	54	28
Potassium	mg/l	12	3,7	20	6,4
Strontium	μg/l	750**	250	-	682
Fer total dissous	μg/l	200*	1970	-	<2
Manganèse	μg/l	50*	240	4300	54
Sulfates	mg/l	250	290	1200	105
Chlorures	mg/l	200	94	140	44
Nitrates	mg/l	50	5	2,7	23
Nitrites	mg/l	0,1	<0,01	0,02	0,25
Ammonium	mg/l	0,5	0,8	<0,5	1,14
Cuivre	μg/l	100	<0,4	<10	2,4
Zinc	μg/l	200	220	<10	<20
Cadmium	μg/l	5	7	4,6	<0,2
Nickel	μg/l	20	3	<10	<2
Plomb	μg/l	10	4	<10	<0,5
Silice	mg/l SiO ₂	-	213	-	12,4

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

V.1.3. Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

Peu d'ouvrages souterrains sont forés dans les terrains schisto-gréseux du Houiller de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges. Le tableau V.4 reprend quelques analyses d'eau disponibles. Le puits P3-Rossart fait partie de la ceinture de contrôle autour de l'ancienne sablière de Ringissart (Bierset). C'est le seul ouvrage de cette ceinture qui a été crépiné dans le Houiller. Le puits P2-Malysse, localisé dans le zoning industriel de Villers-le-Bouillet, capte les eaux logées dans les horizons aquifères de cette unité hydrogéologique, après avoir traversé les sables cénozoïques.

Tableau V.4: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

Élément	Unité	Niveau-guide	P3-Rossart	P2-Malysse
		Code de l'eau	20/03/2002	10/02/2000
pH	unités pH	6,5 à 9,5	7,4	7,41
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	358	456
Dureté totale	° français	67,5		40,7
Alcalinité totale	° français	25		<0,5
Calcium	mg/l	270*		136
Magnésium	mg/l	50*		16,5
Sodium	mg/l	150		8,7
Potassium	mg/l	12		1,2
Strontium	µg/l	750**		
Fer total dissous	µg/l	200*		<25
Manganèse	µg/l	50*		<5
Sulfates	mg/l	250	36,4	63,6
Chlorures	mg/l	200	22,3	42,6
Nitrates	mg/l	50	4,2	21,9
Nitrites	mg/l	0,1		<0,01
Ammonium	mg/l	0,5		
Cuivre	µg/l	100	<10	
Zinc	µg/l	200	77	
Cadmium	µg/l	5	<1	
Nickel	µg/l	20	<10	
Plomb	µg/l	10	<10	
Silice	mg/l SiO ₂	-		

V.1.4. Aquifère des calcaires du Carbonifère

Très peu de données hydrochimiques sont disponibles pour l'aquifère des calcaires carbonifères, sur la carte hydrogéologique de Jehay-Bodegnée - Saint-Georges. Cette nappe aquifère est peu exploitée dans la zone couverte par la carte. Le tableau V.5 reprend quelques analyses caractérisant la qualité des eaux de la nappe des calcaires.

L'extrémité orientale de la masse d'eau souterraine RWM011 des calcaires du bassin de la Meuse bord nord est située sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges (figure V.1). Le diagnostic posé en 2010 sur l'état chimique de cette masse d'eau qualifié de bon. Néanmoins, à l'échelle de toute la masse d'eau, quelques paramètres sont à surveiller (nitrates, pesticides) (DGARNE-Direction des Eaux souterraines et Protectis-Cellule DCE, 2010). Le piézomètre PR1-VLB appartient au réseau de surveillance défini pour cette masse d'eau souterraine.

Tableau V.5: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère

Elément	Unité	Niveau-guide	Carrière du Lion	PR1 – VLB
		Code de l'eau	16/09/1998	22/11/2006
pH	unités pH	6,5 à 9,5	7,3	7,65
Conductivité	μS/cm à 20°C	2100	734	763
Dureté totale	° français	67,5	37	47,6
Alcalinité totale	° français	25		25,6
Calcium	mg/l	270*	116,4	139,2
Magnésium	mg/l	50*	19,3	19,49
Sodium	mg/l	150	7,4	12,1
Potassium	mg/l	12	2,2	<1
Strontium	μg/l	750**		260,8
Fer total dissous	μg/l	200*		<2
Manganèse	μg/l	50*		<5
Sulfates	mg/l	250	223,6	73
Chlorures	mg/l	200	19	49,3
Nitrates	mg/l	50	8,96	49,9
Nitrites	mg/l	0,1		<0,05
Ammonium	mg/l	0,5		<0,05
Cuivre	μg/l	100		<2
Zinc	μg/l	200		<20
Cadmium	μg/l	5		<0,2
Nickel	μg/l	20		<2
Plomb	μg/l	10		<0,5
Silice	mg/l SiO ₂	-		11,8

V.1.5. Aquifère des grès du Famennien

Quelques ouvrages sont forés dans la nappe des grès fameniens. Sur le versant droit de la Meuse, à hauteur d'Engihoul, quelques piézomètres appartenant aux ceintures de surveillance autour des décharges (Denée-Soneville-Prayon) sont implantés dans les grès dévoniens. Un suivi de la qualité des eaux est réalisé. Quelques paramètres sont analysés.

Les résultats des analyses d'eau des piézomètres PZ1-Paviomont (27/03/2007) et PZ3-Champ (25/4/2002) montrent respectivement un pH de 7,1 et 6,93, des conductivités (K20) de 845 et de 1575 $\mu\text{S}/\text{cm}$, des teneurs en sulfates de 79 et de 492 mg/l.

V.2. PROBLEMATIQUE DES NITRATES

Pour protéger les eaux contre la pollution par les nitrates, plusieurs "zones vulnérables" ont été désignées par arrêtés ministériels (figure V.2). Elles ont pour objet la protection des eaux souterraines contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles. Cette désignation implique l'application d'un programme d'action précis dont les mesures ont été arrêtées dans le code de "bonne pratique agricole". Pour plus d'informations, voir www.nitrawal.be.

Le Crétacé du Hesbaye et le territoire situé au nord du sillon de la Sambre et de la Meuse ont été désignés comme "zone vulnérable aux nitrates" par le gouvernement wallon en date, respectivement du 28 juillet 1994 et du 22 décembre 2006. Environ 140 km² de la superficie de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges sont concernées par ces zones (figure V.2). Leur tracé est repris sur la carte thématique des informations complémentaires.

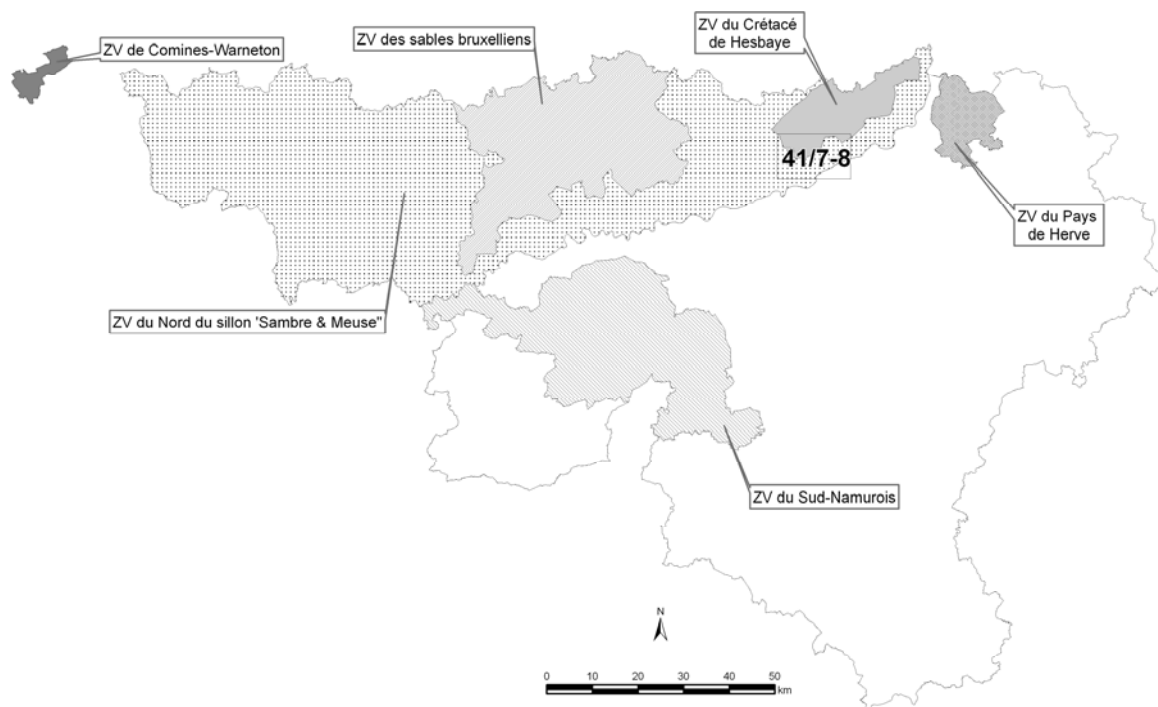


Figure V.2: Zones vulnérables en Région wallonne

Depuis plusieurs années, les compagnies de distribution d'eau et le Service Public de Wallonie (Direction de l'Eau) surveillent de manière très régulière les concentrations en nitrates des captages. La teneur maximale admise en Région wallonne est 50 mg NO₃/l pour les eaux potabilisables. Aucun historique de l'évolution des teneurs en nitrates n'est disponible pour les eaux captées au droit de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges.

V.2.1. Aquifère des craies de Hesbaye

Evolution des teneurs en nitrates

En Hesbaye, une tendance générale à la hausse des concentrations en nitrates dans les eaux souterraines est constatée. Cette augmentation annuelle est comprise entre 0,3 et 0,8 mg/l (Batlle Aguilar et al, 2007; Orban, 2009).

Sur la figure V.3 est présentée l'évolution de la concentration en nitrates de l'eau prélevée à la station de captage de Jeneffe, située au nord de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges et alimentée par la galerie 'Nouvelle Captante' située en partie sur la carte étudiée. On constate une lente et constante augmentation des concentrations en nitrates, sans toutefois dépasser la norme de potabilité (50 mg/l).

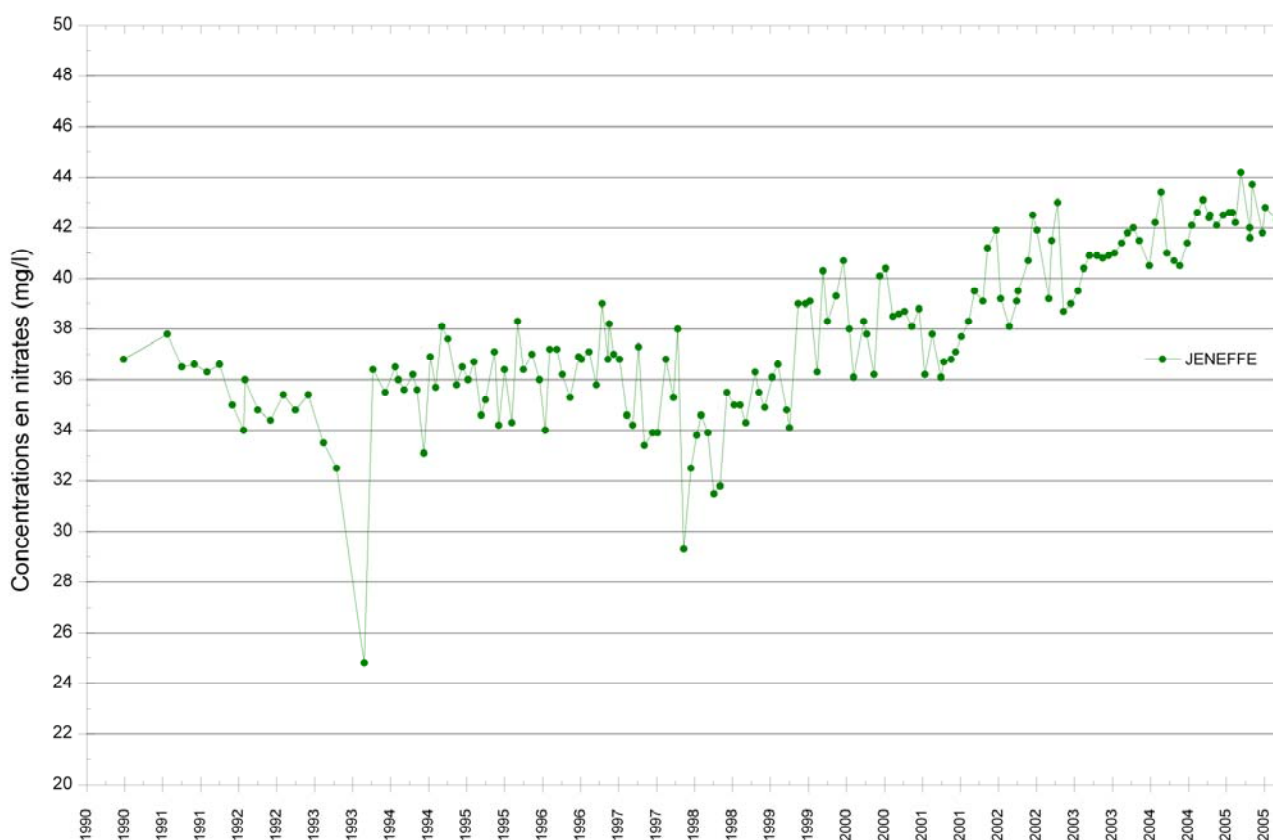


Figure V.3: Evolution des teneurs en nitrates - Station de captage de Jeneffe (Galerie 'Nouvelle Captante')

Diverses études ont démontré que les teneurs en nitrates sont fortement dépendantes des fluctuations piézométriques et de l'infiltration efficace (Dautrebande et al, 1999; Hallet, 1998; Brouyère et al, 2004). Les nitrates issus de l'apport de fertilisants dans les champs s'infiltrent dans la zone non saturée puis migrent lentement à travers la matrice crayeuse saturée. Dans des conditions de basses eaux, le front de contamination en nitrates est considéré comme décroché de la zone saturée de l'aquifère et les teneurs en nitrates dans cette zone ont tendance à diminuer.

Quand le niveau piézométrique monte, le front de contamination est rapidement atteint et lessivé et les teneurs en nitrates augmentent conséquemment dans la zone saturée.

L'étude Programme 'Action Hesbaye' a déterminé en moyenne que les nitrates descendraient d'un mètre par an dans les limons d'où un retard à l'infiltration très important (Hallet & Monjoie, 1996; Dewez & Dautrebande, 1996; Rouxhet & Guiot, 1996). Ce retard peut être accentué si les perméabilités diminuent avec la profondeur et si des niveaux moins perméables, tel que le hard-ground, existent.

Répartition spatiale des nitrates

Les concentrations en nitrates montrent de fortes variations spatiales sur de courtes distances car fortement influencées non seulement par les apports de surface liés à l'occupation du sol, mais également par le contexte hydrogéologique de l'aquifère selon qu'il est libre, semi-captif ou captif, ainsi que par les variations locales d'épaisseurs des limons. Ainsi, en Hesbaye, trois zones peuvent être distinguées (Orban, 2009):

- la zone sud du bassin, correspondant à la partie libre de l'aquifère des craies en zone agricole, présente des teneurs en nitrates élevées (proches ou supérieures à 50 mg/l);
- la zone semi-captive, le long du Geer et dans l'est du bassin, où les concentrations en nitrates avoisinent 25 mg/l;
- la zone nord-ouest du bassin, où la nappe est captive, présente des concentrations en nitrates très faibles ou inférieures aux limites de détection.

La carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges se situe dans la première zone citée (partie sud de l'aquifère), avec des teneurs en nitrates aux alentours de 40-50 mg/l.

Verticalement, les concentrations en nitrates varient fortement. Sur la carte voisine (Waremmemomme 41/3-4), sur le site expérimental de Bovenistier, des échantillons prélevés entre 1994 et 1995 dans des piézomètres crépinés à différents niveaux dans la nappe ont mis clairement en évidence une diminution des concentrations en nitrates en profondeur, avec un gradient approximatif de 0,75 mg/l par mètre (Hallet, 1998).

Cette observation est confirmée par les teneurs en nitrates mesurées dans les galeries captantes de la CILE. Les plus faibles concentrations en nitrates sont observées dans les galeries captantes nord, plus profondes que les galeries sud. On constate que dans la nappe du Campanien, les teneurs en nitrates sont plus faibles que dans la nappe du Maastrichtien mettant en évidence le rôle du hard-ground qui, jusqu'à présent, limite la migration des nitrates en profondeur.

V.2.2. Autres unités hydrogéologiques

Quelques valeurs ponctuelles de concentrations en nitrates sont disponibles pour les autres unités hydrogéologiques de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges.

Aquifère alluvial de la Meuse

Dans le tableau V.6, sont reprises quelques valeurs de concentrations en nitrates de puits implantés dans la nappe alluviale de Meuse sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges.

Tableau V.6: Teneurs en nitrates de l'aquifère alluviale de la Meuse - 41/7-8

Ouvrage	Date	NO ₃ (mg/l)	Ouvrage	Date	NO ₃ (mg/l)
P2-Hydrométal	1995	20,57	Pz1-Prayon	08/05/2000	1,1
P4-Revatech	1995	21,43	Pz2-Prayon	08/05/2000	20
P5-Hydrométal	1995	0,83	Pz3-Prayon	08/05/2000	< 0,5
P6-Hydrométal	1995	2,22	Puits 1 – Elect	06/09/2005	23

Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

A Villers-le-Bouillet, les puits Malysse présentent des teneurs en nitrates comprises entre 1,9 et 21,9 mg/l. A Bierset, le P3 de la sablière Rossart présente des teneurs en nitrates très faibles de 4,2 mg/l en mars 2002.

Aquifère des calcaires du Carbonifère

Les concentrations en nitrates mesurées dans les quelques puits forés dans la nappe des calcaires carbonifères mettent bien en évidence l'influence de l'activité agricole et humaine en Hesbaye. En effet, les teneurs mesurées en juin 1991 dans les eaux issues des forages de la SWDE à Villers-le-Bouillet présentent des valeurs élevées, comprises entre 35,7 et 42,6 mg/l NO₃. En janvier 2006, la teneur en nitrates mesurée au droit du PR1 de ce même site était de 49,9 mg/l. Alors que sur l'autre versant de la Meuse (côté Condroz), les concentrations mesurées à la carrière du Lion et dans un piézomètre de surveillance de décharge (Pz2-Vallon) sont, en 1998, respectivement de 8,96 et 6,7 mg/l NO₃.

Aquifère des grès du Famennien

Les concentrations en NO₃ mesurées au droit de piézomètres de surveillance de décharge à Engihoul sont faibles, de l'ordre de 5 mg/l.

V.3. QUALITE BACTERIOLOGIQUE

Les données permettant de caractériser la qualité bactériologique des eaux souterraines des aquifères de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges sont rares.

Les **eaux de Hesbaye** sont naturellement très pures et ne nécessitent aucun traitement à l'exception d'une légère chloration afin de se garantir contre le développement de germes dans les

conduites d'aménage. Les analyses effectuées à Jeneffe (captage de la CILE situé au nord de la carte étudiée) ne présentent pas d'anomalies. Aucun paramètre n'a été retrouvé dans les eaux prélevées le 31 janvier 2006 (absence de germes totaux à 22°C par ml et à 37°C, pas de coliformes (totaux et fécaux), ni de clostridia-sulfite-réducteurs).

Au droit de P1-VLB de la SWDE dans les **calcaires carbonifères**, on a relevé 60 germes totaux à 22°C par ml, 49 germes totaux à 37°C par ml et aucun coliforme, ni streptocoques fécaux (analyse de juillet 1991). Le puits P1-Vilnamont n'étant pas encore en activité, on ne dispose pas à ce jour d'analyse chimique des eaux.

V.4. PESTICIDES

D'après les données disponibles, à ce jour, on n'observe pas de contamination marquée des eaux souterraines par les pesticides. Les concentrations, par produits ou pour l'ensemble des pesticides, restent largement sous la norme de potabilité. Les valeurs maximales admises par le Code de l'Eau pour la plupart de ces produits phytosanitaires (ici, essentiellement des herbicides) sont de 100 ng/l. Cinq types de pesticides sont systématiquement recherchés lors des analyses spécifiques: l'atrazine, la simazine, le diuron, l'isoproturon et le déséthyl-atrazine.

Le tableau V.7 reprend les résultats des analyses des eaux prélevées dans les puits CHS077, PR1-VLB, Puits 1-Elect, implantés respectivement dans les craies du Crétacé, dans les calcaires du Carbonifère et dans les alluvions de la Meuse. Ces ouvrages font partie des réseaux de surveillance des eaux souterraines mis en place par le Service Public de Wallonie.

Tableau V.7: Produits phytosanitaires – Carte 41/7-8

Pesticide	CHS077	PR1-VLB	Puits 1 - Elect
	11/04/2005	22/11/2006	06/09/2005
Atrazine (ng/l)	76	26	60
Déséthyl Atrazine (ng/l)	70	113	66
Diuron (ng/l)	14	<10	<10
Isoproturon (ng/l)	<10	<10	<10
Simazine (ng/l)	26	<10	<10
Bentazone (ng/l)	17	40	<10
Chlortoluron (ng/l)	<10	<10	<10
Chloridazon (ng/l)	<10	<10	<10

V.5. AUTRES PARAMETRES

D'après les données disponibles, les eaux souterraines de la carte étudiée ne présentent pas des teneurs en métaux anormales. A titre indicatif, le tableau V.8 présente les résultats des échantillons d'eau issus des réseaux de surveillance du Service Public de Wallonie. Excepté, la teneur en manganèse au Puits 1-Elect, ces valeurs ne dépassent le niveau-guide. Cette concentration plus élevée peut être soit anthropique (pollution), soit naturelle (bed-rock paléozoïque).

Tableau V.8: Principaux métaux- Carte 41/7-8

Métaux	Niveau-guide	CHS077	PR1-VLB	Puits 1 - Elect
	Code de l'eau	11/04/2005	22/11/2006	06/09/2005
Manganèse (µg/l)	50	15,8	<5	54
Fer (µg/l)	200	3	<2	<2
Zinc (µg/l)	200	30	<20	<20
Plomb (µg/l)	10	9,6	<0,5	<0,5
Cuivre (µg/l)	100	0	<2	2,4
Bore (µg/l)	1000	<50	<25	76
Arsenic (µg/l)	10	0,6	0,3	0,3
Selenium (µg/l)	10	0,8	0,8	0,9

A propos des autres paramètres tels que les hydrocarbures⁷, sur base des données disponibles les eaux souterraines logées dans les terrains de carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges ne semblent pas présenter de pollution inquiétante.

Sur la commune d'Engis, le site des Terres Rouges a été entièrement réhabilité en 2001 et 2002 par la SPAQuE (site LG2502-001; Banque de données [WALSOLS](#)). Cette ancienne exploitation d'alun a été, au cours des 50 dernières années, peu à peu comblée par des déchets divers déposés clandestinement. Un reprofilage du site a été opéré. Les déchets ménagers et les encombrants ont été confinés. Toutes les mesures nécessaires pour réhabiliter le site correctement ont été mises en œuvre (système d'étanchéité, drainage...)(SPAQuE, 2008).

⁷ Entre autres les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et monocycliques (HAM).

VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES

Les ressources en eaux souterraines de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges sont logées principalement dans l'aquifère crayeux du Crétacé (Hesbaye), ensuite dans les alluvions de la plaine mosane et dans les formations carbonatées du Carbonifère. L'aquiclude à niveaux aquifères du Houiller est également localement exploités.

Les données présentées dans ce chapitre sont extraites de la base de données du Service Public de Wallonie. L'encodage des volumes d'eau prélevés n'est cependant pas complet. Ceci concerne principalement les petits exploitants et donc les petits volumes (< 3000 m³/an). En effet, les puits des particuliers ou des agriculteurs ne sont pas encore tous pourvus d'un compteur. Quelques données ont été aussi directement fournies par les exploitants d'ouvrages de prise d'eau.

VI.1. AQUIFERE DES CRAIES DU CRETACE

La CILE prélève l'eau de la nappe aquifère de Hesbaye par 45 km de galeries orientées NE-SW (figure VI.1). Ces galeries, creusées dans la craie, sont hautes de 1,8 m et larges de 1,2 m. Elles se subdivisent en deux réseaux: les galeries sud et les galeries nord.

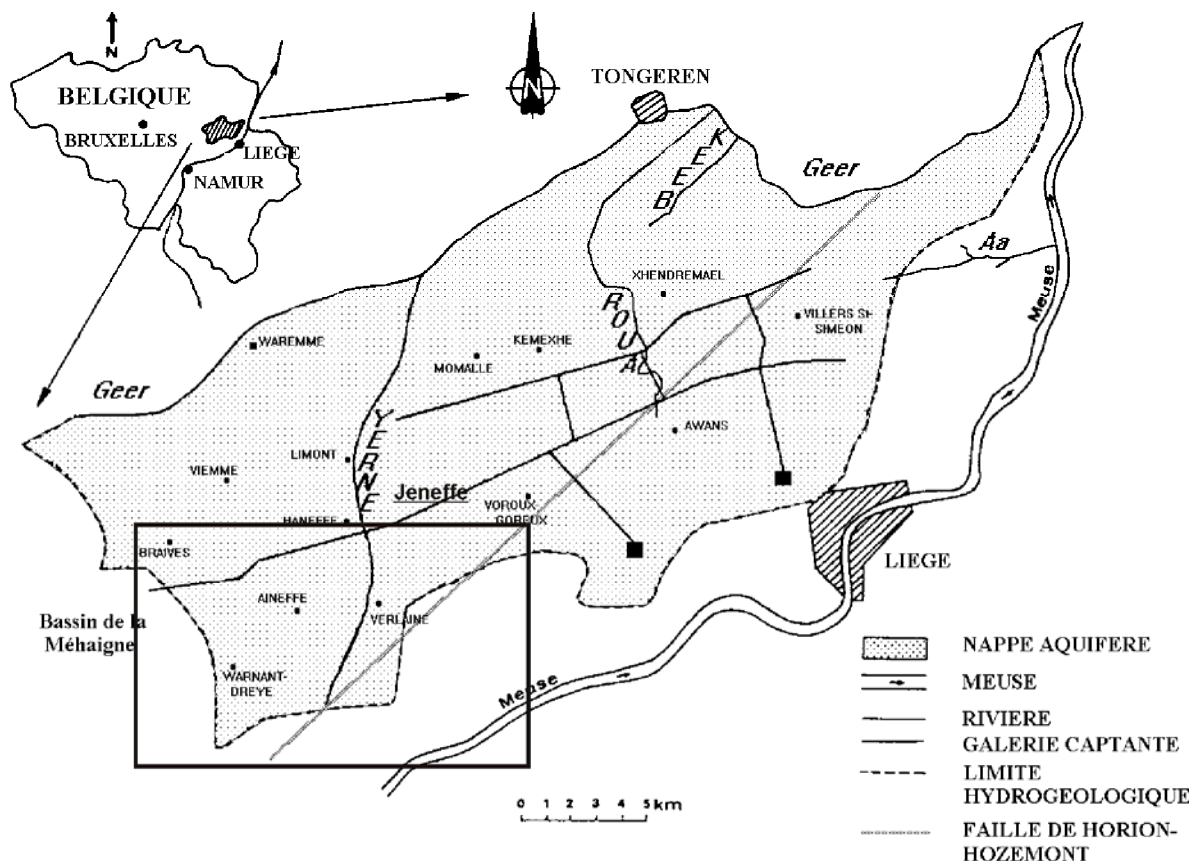


Figure VI.1: Localisation des galeries et stations de pompage de la CILE en Hesbaye

Les galeries sud captent les eaux souterraines vers une profondeur de 30 mètres dans les craies maastrichtiennes. Elles alimentent, gravitairement par aqueducs souterrains, les réservoirs de Hologne et d'Ans. Le tronçon sud-ouest, nommé la "Nouvelle Captante" (galerie sud à l'ouest de

l'aqueduc de Hollogne), est situé en partie sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges. Les galeries nord captent les eaux vers 60 mètres de profondeur dans les craies campaniennes. Les eaux sont pompées au droit de trois stations (Kemexhe, Puits Régulateur et Juprelle) et sont rejetées via des aqueducs dans les galeries sud. Dans les galeries nord, des serrements permettent d'isoler différents tronçons.

Sur la carte Jehay-Bodegnée - St-Georges, il n'y a pas de station de prélèvement de la CILE. La "Nouvelle Captante" alimente la station de Jeneffe située au nord de la carte. Les volumes prélevés à Jeneffe alimentant le château d'eau sont de l'ordre de 1600 m³/j (pompages réguliers).

Les puits de particuliers sont principalement à usage agricole. Les volumes prélevés annuellement peuvent être très variables. En moyenne, ils sont compris entre 60 à 2000 m³/an.

VI.2. AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE

Les ouvrages de prise d'eau sollicitant la nappe alluviale de la Meuse appartiennent à des industries (Prayon-Rupel, Arcelor-Mittal, Segal, Electrabel...). Actuellement, le volume moyen prélevé par captage est compris entre 700 et 120 000 m³/an. Depuis 2007, les prélèvements dans cette nappe ont diminué suite à l'arrêt de pompage de certaines entreprises, qui ont remplacés les pompages dans la nappe alluviale par des prises d'eau directes en Meuse (voir chapitre IV.2.2).

Sur la carte Huy-Nandrin (au sud de la carte étudiée), se trouve le site de captage 'Amay – Ecluse' de la SWDE. Le volume annuel prélevé par ces prises d'eau est compris entre 300 000 et 380 000 m³.

VI.3. AQUIFERE DES CALCAIRES DU CARBONIFERE

Les volumes d'eau pompés aux carrières Dumont-Wautier (groupe Lhoist) représentent la majorité des prélèvements dans l'aquifère des calcaires du Carbonifère. Le volume moyen prélevé varie, selon la prise d'eau, entre 120 000 et 740 000 m³/an.

Dans le parc industriel de Villers-le-Bouillet, quelques sociétés possèdent des puits profonds (> 100 m) sollicitant la nappe logée dans les calcaires. Le volume moyen prélevé est compris entre 1500 et 10 000 m³/an.

A Vinalmont, à l'ouest du zoning industriel, la SWDE possède un site de captage. Un nouveau puits de production a été foré (automne 2010) dans l'aquifère des calcaires du Carbonifère. Il traverse au préalable les formations schisto-gréseuses du Houiller. Le débit d'exploitation du site devrait être de l'ordre de 80 à 100 m³/h.

VI.4. AQUICLUDE A NIVEAUX AQUIFERES DU HOUILLER

Quelques captages d'industries ou de sociétés de service sollicitent la nappe logée dans les terrains schisto-gréseux du Houiller. Les volumes prélevés sont très variables, entre 500 et 6000 m³/an, avec un maximum de 45 000 m³/an. Quelques particuliers exploitent aussi cette nappe (< 100 m³/an).

VII. PARAMETRES D'ECOULEMENT ET DE TRANSPORT

Toutes les unités hydrogéologiques présentes sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges 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), lors de recherches de ressources en eaux.

VII.1. AQUIFERE DES CRAIES DU CRETACE

Les paramètres d'écoulement et de transport de l'eau dans les craies ont pu être déterminés lors de diverses campagnes d'essais de pompage et de traçage réalisées lors de divers programmes de recherche:

- Programme Action Hesbaye (Hallet & Monjoie, 1996);
- SWDE: études hydrogéologiques menées dans le cadre de l'établissement des zones de prévention autour des captages situés le long du Geer (voir liste des rapports techniques au chapitre X);
- Thèses de doctorat de l'Université de Liège: Dassargues, 1992; Hallet, 1998; Brouyère, 2001; Orban, 2009.

La simulation par modèle mathématique de nombreux essais de traçage a permis de préciser les valeurs des paramètres d'écoulement et de transport de la nappe.

Malgré des conductivités hydrauliques relativement faibles mesurées aux différents sites, des vitesses de transfert des traceurs ont parfois été très élevées. Des vitesses de 5 à 15 m/h, correspondant à la première arrivée de traceurs, sont fréquemment mesurées. Les valeurs extrêmes varient entre 0,67 m/h au sein de la matrice crayeuse et 120 m/h au niveau des fissures ouvertes (Hallet, 1997).

Les traçages ont également mis en évidence la forte hétérogénéité du milieu crayeux avec des vitesses de transfert très variables suivant la présence ou non d'axes de fracturations (voire conduits karstiques).

a) Conductivité hydraulique K

Les conductivités hydrauliques varient entre 1×10^{-2} et 4×10^{-4} m/s pour les axes de fissuration et les zones fracturées et altérées et, entre 4×10^{-4} et 2×10^{-5} m/s pour la matrice crayeuse.

b) Porosité efficace (de drainage) et porosité effective (de transport)

La 'porosité efficace' (de drainage) et la 'porosité effective' (de transport) peuvent être considérées comme différentes dans un milieu complexe comme les craies du Crétacé affectées d'une porosité interstitielle (de pores) et d'une porosité de fissures (voire de conduits karstiques). Les valeurs

différentes à considérer pour ces paramètres selon qu'on envisage un problème de quantité d'eau (coefficient d'emménagement de nappe libre correspondant au drainage du milieu saturé) ou de qualité de l'eau (portion de l'eau mobile participant de manière effective au transport de soluté par advection) viennent du fait qu'il s'agit de processus physiques différents: la porosité participant à l'éventuel drainage du milieu est plus grande que la porosité d'eau mobile par advection dans le milieu. Une illustration peut être trouvée en rappelant que dans un tel milieu, si une fissure ou un conduit permet au polluant d'atteindre dans la réalité des vitesses advectives très importantes, il sera nécessaire d'introduire une porosité effective (de transport) très petite à l'échelle de l'EVR⁸ considéré, pour représenter/simuler cette vitesse effective.

Pour l'aquifère des craies de Hesbaye, les porosités efficaces (de drainage) sont de 1 à 7 % et les porosités effectives (de transport) de 1 à 2 % maximum. Des valeurs plus faibles (entre 0,5 et 2 %) ont été obtenues via modélisation où l'effet de l'eau immobile a été pris explicitement en considération (Orban, 2009).

La très forte variabilité des valeurs des paramètres démontre clairement une très grande hétérogénéité du milieu crayeux.

Lors de la calibration des courbes de restitution, il est souvent nécessaire d'affecter des valeurs de porosité très faibles à l'EVR (valeurs < à 1 %). Ces valeurs de porosité ainsi définies sur l'EVR permettent de simuler les phénomènes d'advection rapide en milieu fissuré. La porosité effective ainsi définie est parfois aussi appelée « *porosité équivalente E.V.R.* ou n_{EVR} ». Les porosités effectives calibrées par les modèles de transport varient de 0,02 à 1 % au niveau des failles (Hallet & Dassargues, 1998).

c) Dispersivités longitudinales

Les valeurs de dispersivité longitudinale obtenues par interprétation des différents traçages dans les craies de Hesbaye confirment l'effet d'échelle (habituellement constaté pour ces coefficients) avec augmentation des valeurs en fonction de la distance considérée. Les valeurs de dispersivité varient également en fonction du degré d'altération et de fissuration des craies (Hallet, 1998) :

- dans la craie fissurée mais peu altérée, une augmentation globalement linéaire en fonction de la distance de traçage a été observée

$$\alpha_l = 0,002 + 0,14 \times d \text{ dans laquelle } d \text{ est la distance de traçage;}$$

- dans la craie fissurée et altérée, dans les poches de dissolution ou dans la matrice crayeuse, les valeurs de dispersivité sont plus élevées et apparaissent comme relativement indépendantes des distances de traçage (plus de 50 m);
- dans les fissures, là où des vitesses de transfert supérieures à 50 m/h ont été mesurées et où les processus de transport se font principalement par advection, les valeurs de

⁸ EVR: Elément de Volume Représentatif

dispersivité calculées sont généralement très faibles, de l'ordre de quelques mètres, indépendamment des distances de traçage.

d) Effet d'eau immobile

Les échanges entre l'eau mobile et l'eau immobile jouent un rôle essentiel en milieu crayeux (Brouyère et *al.*, 1997).

La porosité d'eau immobile (θ_{im}) varie entre 8 et 42 %. Le coefficient de transfert de l'eau mobile vers l'eau immobile varie entre 1×10^{-6} et $9,8 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$. Ce coefficient semble peu influencé par la taille du domaine investigué.

VII.2. AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE

Quelques études ont été menées dans la plaine alluviale afin de caractériser les propriétés hydrodynamiques de l'aquifère logé dans les alluvions de la Meuse.

Au droit du site d'Hydrométal, un essai de pompage réalisé en 1991 dans le puits P4-Revatech donne des transmissivités de l'ordre de 6 à $14 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, pour un débit de l'ordre de $30 \text{ m}^3/\text{h}$ pour une épaisseur de nappe d'environ 6 m (CENV, 1996).

A Hermalle-sous-Huy, à l'automne 1997, la société Faxe Kalk (groupe Lhoist) a fait réaliser, par l'entreprise Moors, deux forages dans la nappe alluviale de la Meuse, P1-DW et P2-DW⁹. Des essais de pompage de courte durée ont été entrepris afin de déterminer les paramètres d'écoulement de la nappe au droit du site. Pour une épaisseur de nappe estimée de 6 à 8 m , les valeurs de transmissivités obtenues sont de $0,6$ à $9,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ et, de $1,4$ à $6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ en pompage et de $2,2$ à $7,7 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ en remontée, respectivement pour P1-DW et P2-DW (Moors, 1998).

En amont de la carte Jehay-Bodegnée - St-Georges, au droit du site de captage d'Amay, la SWDE a réalisé plusieurs essais de pompage en mars 1995. Les valeurs de transmissivités obtenues sont comprises entre 2×10^{-1} et $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ pour des épaisseurs d'aquifère comprises entre 6 et $8,5 \text{ m}$ (SWDE, 1997).

En février et septembre 1996, les LGIH ont réalisé un essai de traçage, qui a permis de déterminer les caractéristiques hydrodispersives de l'aquifère alluvial de la Meuse (LGIH, 1997);

- porosité efficace : de $6,9$ à $7,1 \%$;
- dispersivités longitudinales : entre $2,5$ et 3 m .

⁹ Le titulaire actuel de ces ouvrages est Specialty Minerals Benelux SA.

VII.3. AQUIFERE DES CALCAIRES DU CARBONIFERE

Dans la vallée de la Meuse, on compte de nombreuses carrières exploitant les calcaires carbonifères. Au droit du site de Dumont-Wautier à Flône (Engis), en 1991, plusieurs essais de pompage ont été réalisés par les LGIH.

Dans le massif calcaire, les transmissivités entre les puits sont de l'ordre de 10^{-3} m²/s jusqu'à 10^{-2} , selon une direction est-ouest (parallèle aux bancs), dues à la présence de joints ouverts, parfois de conduits karstiques. Elles sont plus faibles selon la direction nord-sud (perpendiculaire aux failles et aux joints de stratification), de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-5} m²/s (LGIH; 1991).

Après un essai de longue durée, les valeurs de transmissivités obtenues montrent que T diminue avec la profondeur (LGIH, 1991) :

- de 0 à 3,5 m : 20×10^{-5} m²/s
- de 3,5 à 24 m : 6×10^{-5} m²/s
- de 24 à 42 m : $3,5 \times 10^{-5}$ m²/s

Cette étude a aussi mis en évidence des zones de T élevées caractérisant des calcaires fracturés et karstifiés ($T \approx 120 \times 10^{-5}$ à 90×10^{-5} m²/s), et des zones de calcaires sains, peu ou pas fracturés ($T \approx 18 \times 10^{-5}$ à 26×10^{-5} m²/s).

Deux essais de pompage de longue durée ont été menés dans un puits foré dans les dolomies qui sépare les calcaires de la Meuse. Les résultats obtenus montrent aussi une anisotropie suivant la direction (nord-sud ou est-ouest), une diminution de la perméabilité avec la profondeur. Les valeurs de transmissivités varient entre $1,2 \times 10^{-4}$ et $7,9 \times 10^{-4}$ m²/s (LGIH, 1991).

Début des années 1990, la SWDE a mené sur le site de Villers-le-Bouillet des recherches sur les potentialités aquifères des calcaires du Carbonifère. Plusieurs essais de pompage de longue durée ont été conduits dans les forages. Ils ont permis d'évaluer les caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère (SWDE, 1992) :

- transmissivités : $2,44 \times 10^{-4}$ à $4,22 \times 10^{-3}$ m²/s ;
- perméabilités : $3,13 \times 10^{-6}$ à $7,15 \times 10^{-5}$ m/s ;
- coefficient d'emmagasinement : $1,875 \times 10^{-4}$

Les conclusions de cette phase d'étude décrivaient ces valeurs comme relativement faibles pour un aquifère fissuré à nappe libre, les essais laissant supposer que l'aquifère calcaire est compartimenté.

Récemment de nouvelles investigations ont eu lieu. De nouveaux puits ont été forés dans une zone plus au sud, endroit où l'aquifère devient captif. Des essais de pompage, longue durée avec remontée ont été réalisés (SWDE, 2005). Les paramètres hydrogéologiques déterminés sont:

- transmissivités (pompage/remontée) : $2,14/1,48 \times 10^{-3}$ à $6,75/2,83 \times 10^{-3}$ m²/s ;

- perméabilités (pompage/remontée) : $1,28/1,12 \times 10^{-5}$ à $3,91/1,64 \times 10^{-5}$ m/s, en prenant comme hauteur de l'aquifère la hauteur crépinée (≈ 170 m).

VIII. ZONES DE PROTECTION

VIII.1. CADRE LEGAL

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

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

1° Zone de prise d'eau ou zone I

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

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

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

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

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

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

A défaut de données suffisantes permettant de définir la zone IIa selon le critère des temps de transfert, la législation suggère de délimiter la zone IIa par une ligne située à une distance horizontale minimale de 35 mètres à partir des installations de surface, dans le cas d'un puits, et par deux lignes situées à 25 mètres au minimum de part et d'autre de la projection en surface de l'axe longitudinal dans le cas d'une galerie. En milieu karstique,

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

tous les points préférentiels de pénétration (doline et pertes) donc la liaison avec le captage est établie sont classés en zone IIa.

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

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

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

3° Zone de surveillance ou zone III

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

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

Mesures de prévention

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

La Société publique de Gestion de l'Eau¹² assure la gestion financière des dossiers concernant la protection des eaux potabilisables distribuées par réseaux, par le biais de contrats de service passés avec les producteurs d'eau. Pour financer les recherches relatives à la délimitation des zones de prévention et indemniser tout particulier ou toute société dont les biens doivent être mis

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

¹² SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999

en conformité avec la législation, une redevance de 0,107 € est prélevée sur chaque m³ fourni par les sociétés de distribution d'eau.

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

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

VIII.2. ZONES DE PREVENTION DES GALERIES DE LA CILE EN HESBAYE

Les galeries de captage de la CILE exploitent les eaux de la nappe des craies de Hesbaye. La détermination des zones de prévention IIa autour galeries captantes et des stations de pompage de la CILE en Hesbaye a nécessité la réalisation de différentes études comprenant :

- une étude des linéaments par photos aériennes afin de localiser les axes des vallées sèches;
- une prospection géophysique afin de détecter des axes de fissuration et donc d'écoulement préférentiel au sein de la craie;
- une campagne de quatre à cinq forages de manière à préciser la géologie du site;
- des essais de pompage pour déterminer les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère;
- des essais de traçage afin de définir les temps de transfert de polluants dans la nappe;
- des modèles mathématiques permettant de définir les paramètres de transport de polluants et de définir les extensions des zones de prévention.

En fonction des résultats des différents traçages et des paramètres d'écoulement et de transport déterminés par les modèles sur des sites de pompage ponctuels (qqz km²), l'ordre de grandeur des distances en zone IIa, pour l'ensemble de la nappe dans les zones non-investiguées par les essais in-situ, dans des conditions d'exploitation usuelle¹³, a été fixé à :

1° à l'amont des galeries

- 1560 m, au droit de linéaments majeurs d'extension régionale et orientés nord-sud (distance maximale calculée au droit de ce type de linéament);
- 690 m, au droit de linéaments secondaires (distance moyenne calculée au droit des linéaments);
- 420 m, hors linéament (distance minimale moyenne de la courbe enveloppe);

2° à l'aval des galeries

- 310 m au droit de linéaments majeurs d'extension régionale et orientés nord-sud (distance maximale calculée au droit de ce type de linéament);
- 270 m au droit de linéaments secondaires (distance moyenne calculée au droit des linéaments);
- 160 m hors linéament (distance minimale moyenne de la courbe enveloppe).

¹³ Les périmètres de la zone IIa ont été définis pour des conditions usuelles d'exploitation, en simulant l'injection de 5000 kg de polluant en différents points du modèle avec détermination des temps d'arrivée du polluant au droit des galeries à une concentration de 10 ppb.

Le long des linéaments, l'extension latérale de la zone IIa a été fixée à 200 mètres pour les linéaments majeurs et à 100 mètres pour les linéaments secondaires.

Les zones d'extension IIb étant beaucoup plus grandes, car correspondant à un temps de transfert de 50 jours, n'ont pu faire l'objet d'études expérimentales in-situ et ont été définies sur base de simulations par modèle numérique théorique en utilisant des valeurs moyennes des paramètres d'écoulement et de transport. Dans ces conditions, la zone IIb s'étend sur une distance moyenne de 2 km et de 3 km au droit des principales vallées sèches. Vers l'aval, la zone IIb doit s'étendre hors du cône de rabattement provoqué par les galeries, soit une distance moyenne de 500 mètres.

En utilisant des paramètres de transport de polluant définis, la zone IIb peut atteindre plus de cinq kilomètres en amont des galeries soit la totalité du bassin hydrogéologique de la Hesbaye. Les zones de prévention IIa et IIb sont reprises sur la figure VIII.1.

Les limites du modèle ont été localement déplacées pour correspondre avec des limites matérialisables sur le terrain. Cette délimitation des zones IIa et IIb a été proposée au Service Public de Wallonie (Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement, DGO3 - Département de l'Environnement et de l'Eau - Direction des Eaux souterraines). Ce dossier est à l'instruction. Les limites telles que proposées sont dès lors susceptibles d'être modifiées.

VIII.3. ZONES DE PREVENTION DES CAPTAGES D'AMAY DE LA SWDE

La SWDE exploite à Amay deux prises d'eau sollicitant les eaux logées dans la nappe alluviale de la Meuse. Les zones de prévention IIa et IIb de ce champ captant ont été déterminées sur base des temps de transfert suite à l'élaboration d'un modèle mathématique d'écoulement et de transport, calibré sur des essais de traçage (LGIH, 1997). Préalablement à la réalisation du modèle, 4 piézomètres ont été forés au droit du site, des essais de pompage y ont été réalisés afin de déterminer les caractéristiques hydrogéologiques locales de la nappe des graviers de la plaine alluviale de la Meuse. Ensuite, des essais de traçage ont été effectués dans le but de déterminer les paramètres de transport de l'aquifère.

Les limites du modèle ont été localement déplacées sur base des limites cadastrales et urbanistiques permettant le repérage des zones sur le terrain (figure VIII.1).

Ces zones de prévention ont été arrêtées par le Gouvernement Wallon, en date du 23 août 2002 ; *Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée des ouvrages de prise d'eau souterraine dénommés Ecluse-P1 et Ecluse-P2, sis sur le territoire de la commune d'Amay* (M.B. du 14.09.2002, p 40943).

VIII.4. ZONES DE PREVENTION A DEFINIR

Sur le territoire de la commune de Villers-le-Bouillet, à Vinalmont, la SWDE a foré quelques ouvrages (puits d'exploitation, puits de reconnaissance, piézomètres). Afin de diversifier ses sources d'alimentation en eau potable, la SWDE projette d'exploiter prochainement les eaux de l'aquifère des calcaires du Carbonifère, via le puits P1-Vilnamont (figure VIII.1). Cet ouvrage, profond de 225 m, traverse d'abord les terrains du Houiller pour atteindre les calcaires carbonifères où il est crépiné. L'étude de ce site est en cours (décembre 2010). D'après les premières données, la nappe sollicitée est captive. Si les essais de terrain le confirment, il ne serait dès lors pas obligatoire de définir une zone de prévention autour de ce captage. Néanmoins, n'ayant pas encore les résultats finaux des investigations lancées sur ce site, le symbole "Zone de prévention à définir", triangle vide, est reporté sur la carte hydrogéologique.

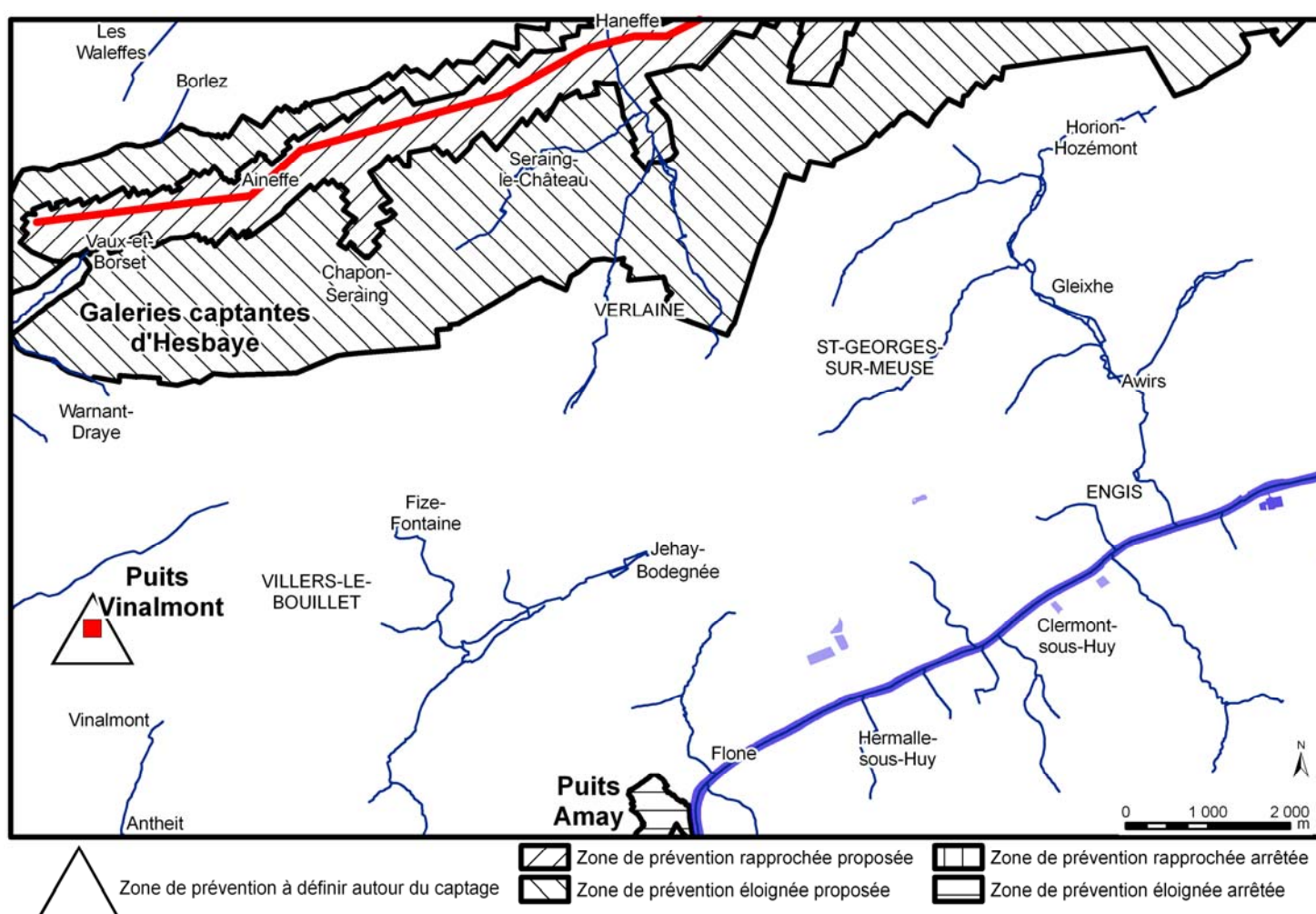


Figure VIII.1: Zones de prévention - Carte Jehay-Bodegnée - St-Georges

IX. METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

Ce chapitre décrit brièvement les données géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques utilisées pour construire la carte hydrogéologique Jehay-Bodegnée - Saint-Georges. Il aborde les principales sources d'informations disponibles pour la région étudiée. Les données collectées sont encodées dans une base de données structurée et ensuite 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

Les données géologiques proviennent essentiellement de la carte géologique levée par Stainier (1899). Des descriptions de forages sont également disponibles auprès du Service Géologique de Belgique, des sociétés de distribution d'eau ou encore dans les déclarations des particuliers (archives DGARNE-SPW).

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

Sur la carte étudiée, quelques sites ont fait l'objet d'investigations géophysiques. Ces zones de prospections géophysiques ont été simplement localisées sur la carte hydrogéologique. Les résultats ne sont pas présentés dans ce document. Seuls les types de prospection et les références bibliographiques sont mentionnés. Ces investigations ont permis de préciser le contexte géologique de la zone prospectée (lithologie et structural) dans le but de déterminer au mieux l'emplacement pour des forages ou encore de définir la nature et l'épaisseur du sous-sol (terrains meubles, roches consolidées).

- Site SWDE à Vinalmont, Villers-le-Bouillet (BCGEOL, 2003): 15 sondages électriques, 14 sondages sismiques, 12 km de trainés électriques.
- Site du Bois Grumsel à Villers-le-Bouillet (LGIH, 2001): 3 sondages électriques, 5 sondages sismiques.
- Site Dumont-Wautier à St-Georges-sur-Meuse (LGIH, 1991): 25 sondages sismiques, 780 m de trainés électriques, 4 tomographies sismiques et 1 profil radar.
- Site d'Hydrométal-Récyfuel à Ehein (Engis) (CENV, 1996): 5 sondages électriques, 7 sondages sismiques.

IX.1.2. Données météorologiques et hydrologiques

Sur le territoire couvert par la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges, on dénombre deux stations climatiques et une station limnimétrique. Leurs caractéristiques sont résumées dans le tableau IX.1.

Tableau IX.1: Liste des stations climatiques et limnimétriques - 41/7-8

Nom	Code	Type	Mise en service		Titulaire
Fize-Fontaine	G 19	climatique	Précipitations	01/1986	IRM
			Températures	01/1986	
Awirs	GV 7	climatique	Précipitations	10/1955	IRM
Ru des Awirs	L 6900	limnimétrique	01/2003		SPW-DGARNE

IX.1.3. Données hydrogéologiques

IX.1.3.1. Localisation des ouvrages

Dans la base de données BD-Hydro, 287 ouvrages ont été encodés dont 199 puits (puits forés et puits traditionnels), 85 piézomètres, 2 drains, 1 sonde géothermique¹⁴. Sont aussi encodées des informations concernant 1 source (exploitée ou non).

De plus, selon l'atlas du karst wallon, 13 pertes (chantoirs) et 8 résurgences sont recensées sur la carte étudiée.

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

IX.1.3.2. Données piézométriques

La nappe aquifère de Hesbaye a été largement étudiée. Plusieurs campagnes piézométriques régionales ont été réalisées. La première date de 1932. Dans le cadre de l'élaboration de la carte hydrogéologique de Wallonie et de la thèse de doctorat de Ph.Orban (2009), une nouvelle campagne de mesures a été effectuée entre janvier et avril 2008 sur l'ensemble de la Hesbaye, y compris la zone au nord du Geer. Sur l'ensemble de la Hesbaye, 236 mesures piézométriques ont été collectées. Ces données ont été mesurées soit par l'équipe d'Hydrogéologie (GEO³-ArGEnCo-ULg), soit par la CILE (campagnes mensuelles), soit par l'ISSeP (suivi du réseau de surveillance mis en place par la Région Wallonne), soit par la VMW, soit extraites de la base de données DOV. Le rôle du réseau hydrographique sur les eaux souterraines a, également, été pris en considération, notamment au niveau du Geer. Une carte piézométrique régionale a ainsi été dressée. Les isopièzes ont été tracées avec une équidistance de 5 m. L'interprétation de ces

¹⁴ 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.

données spatiales ainsi que des fluctuations du niveau de la nappe dans le temps est présentée au [chapitre IV.2.1](#).

Des relevés piézométriques sont aussi disponibles dans des ouvrages forés dans les autres unités hydrogéologiques de la carte, telles que la nappe alluviale de la Meuse, l'aquifère des calcaires du Carbonifère ou l'aquiclude à niveaux aquifères du Houiller. Ces données sont présentées ponctuellement sur la carte principale. Plusieurs chroniques piézométriques sont présentées dans le [chapitre IV.2](#).

IX.1.3.3. Données hydrochimiques et tests sur les puits

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

Une soixantaine de sites (puits et piézomètres, drains, sources) sont concernés, comptabilisant environ 7000 valeurs. Ces analyses caractérisent surtout les eaux logées dans l'aquifère des craies du Crétacé, l'aquifère alluviale de la Meuse, l'aquifère des calcaires carbonifères, l'aquiclude à niveaux aquifères schisto-gréseux du Houiller et l'aquifère des grès du Famennien. Ces points, où des données chimiques sont disponibles, sont reportés sur la carte thématique des informations complémentaires et caractères des nappes. Le [chapitre V](#) décrit, plus en détails, le cadre hydrochimique des unités hydrogéologiques rencontrées sur la carte 41/7-8.

Divers tests sont parfois menés sur les puits, tels que des diagraphies, des essais de pompage, des tests de traçage afin de mieux connaître le contexte hydrogéologique dans lequel ces ouvrages sont implantés. Ces données proviennent généralement des sociétés de distribution publique d'eau, d'études hydrogéologiques diverses. Le résultat de ces tests (essais de pompage et traçage essentiellement) est synthétisé au [chapitre VII](#). Sur la carte thématique des informations complémentaires, les puits ayant fait l'objet de tels tests sont mis en évidence par divers symboles.

IX.1.4. Autres données

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

Autour des sites de captage de la SWDE et de la CILE de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges, figurent des zones de prévention. La zone de protection autour du site de pompage d'Amay-Ecluse (SWDE) est partiellement localisée sur la carte étudiée. Leur tracé est défini par un arrêté ministériel. Les zones de prévention autour des galeries de Hesbaye (CILE) sont définies mais non encore officiellement arrêtées par décret. A Villers-le-Bouillet, la SWDE envisage la mise en production d'un site de pompage. Une zone de prévention devra y être définie selon la législation en vigueur. Ces informations sont reportées sur la carte 1/25.000. Le contour de ces zones a été fourni par le Service Public de Wallonie. Le [chapitre VIII](#) présente ces zones.

Plusieurs zones vulnérables aux nitrates ont été définies en Région Wallonne. La carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges est couverte, sur 140 km² (7/8 de la superficie de la carte) par les zones vulnérables "Crétacé du Hesbaye" et "le Nord du sillon de la Sambre et de la Meuse". Des plus amples renseignements sont repris [au chapitre V, paragraphe V.2.](#)

IX.2. BASE DE DONNEES HYDROGEOLOGIQUES

De telles données, aussi complexes et plus ou moins abondantes, nécessitent une organisation structurée de manière à optimiser leur stockage, leur gestion et leur mise à jour. Ainsi une base de données hydrogéologiques géorelationnelle a été développée (Gogu, 2000, Gogu *et al.*, 2001). Cette première version de la base de données BD HYDRO a été régulièrement améliorée.

Dans un souci d'homogénéité entre les équipes et d'autres institutions (dont l'administration wallonne, DGARNE), la base de données a été révisée. Le but est de créer un outil de travail commun et performant, répondant aux besoins des spécialistes impliqués dans la gestion des eaux souterraines. Les données hydrogéologiques dispersées géographiquement devaient être disponibles dans une seule base de données centralisée.

Ainsi les données détaillées de l'hydrochimie, de la piézométrie, des volumes exploités, des paramètres d'écoulement et de transport, de géologie telles que les descriptions de log de forage et d'autres données administratives ou autres sont stockées dans la BD HYDRO (Wojda *et al.*, 2005). Elle regroupe toutes les informations disponibles en matière d'hydrogéologie en Région wallonne. Parmi les nombreuses et diverses données de la BD HYDRO on trouve des informations relatives à la localisation des prises d'eau (puits, sources, piézomètres,...), leurs caractéristiques géologiques et techniques, ainsi que des données sur la piézométrie, la qualité physico-chimique des eaux souterraines, les volumes prélevés... Les divers tests (diagraphies, essais de pompage, essais de traçage, prospection géophysique) sont également encodés dans la BD HYDRO. Elle est également enrichie avec les informations sur les études, rapports et autres documents hydrogéologiques écrits. Ces renseignements se présentent sous la forme de métadonnées.

IX.3. POSTER DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

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

- la carte hydrogéologique principale (1/25.000);
- les cartes thématiques (1/50.000):
 - Carte des informations complémentaires et des caractères des nappes;
 - Carte des volumes d'eau prélevés;
 - Carte des isohypses de l'aquifère des craies du Crétacé;
- les coupes hydrogéologiques;
- le tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie';
- la carte de la Belgique (1/5.000.000) où est localisée la carte étudiée.

IX.3.1. Carte hydrogéologique principale

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

- le fond topographique de la carte IGN 1/10 000;
- le réseau hydrographique;
- les unités hydrogéologiques;
- les failles;
- les piézomètres;
- les puits des sociétés de distribution d'eau ;
- les puits privés exploités et déclarés à la Région wallonne ;
- les sources exploitées ou non;
- les drains (point d'accès);
- les sondes géothermiques;
- les pertes et résurgences connues;
- les stations climatiques et limnimétriques;
- les galeries de captage;
- les isopièzes (Nappe des craies de Hesbaye);
- le sens probable de l'écoulement des eaux souterraines (Nappe des craies de Hesbaye);
- à défaut de carte piézométrique, des valeurs de niveau dans quelques unités hydrogéologiques, avec la date de la mesure;
- les écoulements karstiques reconnus par traçage;
- les zones de prévention IIa et IIb arrêtées par le Gouvernement Wallon;
- les zones de prévention IIa et IIb proposées
- 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](#). Quelques essais de pompage et traçages ont été réalisés dans cette région. Les paramètres hydrodynamiques mesurés et calculés sont présentés dans le [chapitre VII](#).

Le caractère des nappes rencontrées est spécifié : nappe libre, nappe semi-captive (semi-libre) ou nappe captive. Il est à noter que c'est la première nappe rencontrée (nappe à l'affleurement, sous la couverture limoneuse) qui est caractérisée. Sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges,

l'aquifère des craies de Hesbaye est défini comme libre sous les limons éoliens et/ou les sables cénozoïques. La nappe sise dans les graviers de Meuse est libre à semi-captive sous les limons fluviatiles. Les aquifères locaux schisto-gréseux du Houiller sont semi-captifs sous la couverture cénozoïque. Dans les terrains du Houiller, la nappe peut se retrouver en charge sous les couches plus argileuses (shales, "phtanites") et sous certaines alluvions. Les nappes logées dans les horizons schisto-gréseux du Houiller sont souvent caractérisées comme semi-captives. En effet, dans ces terrains, la nappe peut se retrouver en charge sous les couches plus argileuses (shales, "phtanites", argile d'altération). Les autres unités hydrogéologiques sont considérées comme des nappes libres. Il faut cependant nuancer cette caractéristique. Dans les formations du Dévonien inférieur et du Silurien, les niveaux plus schisteux peuvent également rendre localement captives les nappes logées dans les terrains fracturés gréseux/quartzitiques.

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.](#)

Une grande partie de la superficie de la carte 41/7-8 (140 km² sur 160) est classée en zones vulnérables aux nitrates. Cette désignation implique l'application d'un programme d'action précis dont les mesures ont été arrêtées dans un code de « bonne pratique agricole ». Plus d'informations sur les nitrates sont disponibles au [paragraphe V.2.](#)

IX.3.3. Carte des volumes d'eau prélevés

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

Cette carte, au 50.000^e, reprend également les volumes d'eau prélevés annuellement, informations extraites de la base de données de la Région Wallonne "dix-sous" (D GARNE). Les volumes représentés sont les volumes déclarés par les titulaires à la Région wallonne. Une seule catégorie de volumes est répertoriée sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges: les autres volumes, c'est-à-dire les volumes "privés" (particuliers, agriculteurs, industries...). Malgré la présence de la galerie "Nouvelle Captante" du réseau de production et de distribution d'eau potable de la CILE, aucun volume destiné à la distribution publique n'est mentionné sur la carte étant donné l'absence de station de pompage (pour rappel la station de Jeneffe est située directement au nord de la carte étudiée). De plus, le nouveau site de captage de la SWDE (Villers-le-Bouillet) n'est pas à ce jour en exploitation. Les données présentées sur cette carte sont les volumes prélevés (selon les déclarations des titulaires) en 2008.

L'exploitation d'une prise d'eau souterraine est soumise à de nombreux aléas et donc, peut être variable. Les contraintes techniques de l'ouvrage, l'activité économique, liée à ce captage, et l'évolution des conditions hydrogéologiques de la nappe sollicitée, peuvent perturber les capacités de production. La présentation, sur la carte des Volumes, des volumes moyens prélevés, correspond à la moyenne des cinq dernières années (2004-2008) (basés sur les déclarations des titulaire de prise d'eau). Ils illustrent de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la carte étudiée. Ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni de l'exploitation réelle des nappes. Elles reflètent simplement l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées. Parmi ces dernières, il se peut que certaines d'entre elles soient des années sans prélèvement. Le [chapitre VI](#) consacré à l'exploitation des aquifères reprend l'historique des principaux captages de la carte.

IX.3.4. Carte des isohypses de la base et du toit de l'aquifère des craies du Crétacé

L'aquifère principal, localisé au sein des craies, est limité à sa base par la smectite de Herve et au sommet par le conglomérat à silex. Localement, en l'absence de smectite, la craie repose directement sur le substratum paléozoïque. Le sommet des craies est irrégulier du fait de la dissolution post-crétacée. De plus, les craies sont surmontées d'un conglomérat à silex, localement de dépôts sableux et de limons dont les épaisseurs peuvent être très variables.

Les données collectées ont permis de dresser la carte de la base de la nappe des craies. L'information relative au toit de l'aquifère est donnée de manière ponctuelle, là où l'information sur l'épaisseur des limons était disponible (sources : archives du Service Géologique, rapports LGIH, cartes géotechniques, etc). Sur cette carte thématique, est également reprise la limite méridionale de l'extension du Crétacé (limite sud du bassin hydrogéologique de l'aquifère des craies de Hesbaye).

On peut observer le pendage vers le nord, de l'ordre de 1 à 2 %. Le rejeu de la faille d'Horion-Hozémont est aussi marqué par le décrochement des isohypses de la base de l'aquifère (ce rejet est nettement plus visible sur les cartes voisines). Pour plus de détails, se référer au [chapitre III.2](#).

IX.3.5. Tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie'

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

IX.3.6. Coupes hydrogéologiques

Deux coupes sont présentées sur le poster de la carte hydrogéologique Jehay-Bodegnée - Saint-Georges. Elles sont dessinées sur le même trait, mais avec des échelles verticales différentes. Ceci permet de mieux visualiser les niveaux d'eau souterraine observés dans la région. L'axe de la coupe est orienté nord-ouest – sud-est. La majorité des terrains rencontrés sur la carte 41/7-8 est

recoupée par la coupe. Une analyse détaillée de la coupe hydrogéologique est présentée au [chapitre IV.2.6](#).

X. BIBLIOGRAPHIE

Batlle Aguilar, J., Orban, Ph., Dassargues, A., Brouyère, S. (2007): Identification of groundwater quality trends in a chalk aquifer threatened by intensive agriculture in Belgium, *Hydrogeology Journal*, 15: 1615-1627.

BCGEOL. (Bureau Conseil en Géologie s.p.r.l.) (2003): SWDE. Commune de Wanze et de Villers-le-Bouillet, Recherche de nouvelles potentialités aquifères-Etude géophysique, Dossier 03228, 36 pp + annexes

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

Bonnechère. F., Bolle. A., Monjoie. A., Polo-Chiapolini Cl., Yerneux. C. (2006): Carte géotechnique Engis-Flémalle 41-8-4, 41-8-6, 42-5-3, 42-5-5, 1/10.00. *Centre de cartographie géotechnique de l'Université de Liège & Service Public de Wallonie – Direction de la Géotechnie.* 62 pp + annexes + 10 planches.

Bouckaert. J. & Lambrecht, L. (1966): Le Namurien du flanc sud du synclinal de Liège entre Seraing et Amay (province de Liège), *Bull. Soc. Belge. de Géologie*, 75, pp 7-27

Boulvain, F. (ULg) & Pingot, J-L. (UCL). (2008): Une introduction à la géologie de la Wallonie. Cours en ligne, Université de Liège, Liège

Brouyère, S. (2001): Etude et modélisation du transport et du piégeage des solutés en milieu souterrain variablement saturé, *Thèse de doctorat, Fac. Sciences Appliquées, Université de Liège.*, 572 pp + annexes. Document disponible sur le serveur 'Bictel' de l'ULg. Accès libre. <http://bictel.ulg.ac.be/ETD-db/collection/available/ULgetd-08222007-101855/>

Brouyère S., Hallet V., Dassargues A. (1997): Effets de retard et de piégeage des polluants dus à la présence d'eau immobile dans le milieu souterrain : importance de ces effets et modélisation. *Colloque national 1997 du Comité belge de Géologie de l'Ingénieur.* Katholieke Universiteit Leuven

Brouyère, S., Dassargues, A., Hallet, V. (2004): Migration of contaminants through the unsaturated zone overlying the Hesbaye chalky aquifer in Belgium: a field investigation. *Journal of Contaminant Hydrology*, 72(1-4): 135-164.

Bultot, F., Coppens, A., Dupriez, G.L. (1983): Estimation de l'évapotranspiration potentielle en Belgique. *Inst. Roy. Mét. Pub.*, Série A, N° 112, Uccle - Bruxelles.

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

Calembert, L. (1953): Sur l'extension régionale d'un hard-ground et d'une lacune stratigraphique dans le Crétacé supérieur du Nord-Est de la Belgique. *Bull. Académie Royale des Sciences de Belgique*, Classes des Sciences, 5° série. XXXIX. 724-733.

Calembert, L. (1958). Le Crétacé supérieur de Glons. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, T.81, 459-464.

Calembert, L., Fagnoul, A., Stassen, P., Bonnechère, F., Monjoie, A., Van Duyse, H., (1974): La géologie de l'ingénieur appliquée à l'étude du site d'un métro dans le bed-rock houiller à Liège, *Colloque de Centenaire de la Société Géologique de Belgique*, pp. 163-192.

CENV (Centre Environnement – Université de Liège) (1996): Hydrométal s.a. - Etudes d'incidences sur l'environnement – Extension de l'autorisation d'exploiter de la s.a. Hydrométal – Autorisation d'exploiter une installation spécifique de déchets dangereux et/ou toxiques. Rapport technique, Avril 1996, Inédit.

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

CWEPSS Commission Wallonne d'Etude et de Protection des Sites Souterrains (de Broyer C., Delaby S., Michel G., Thys G.), **FPMs** Faculté Polytechnique de Mons (Avron C., Delaby S., Geuse A., Kaufmann O., Michelon S., Quinif Y.), **ULg** Université de Liège (Bonino E., Closson D., Ek C., Jaspar A., Ozer A., Salmon M., Schyns J-C.) (1995-2005). Etude cartographique numérique des périmètres de contraintes physiques inhérentes au karst wallon. *Convention subsidiée par la DGATLP (Région Wallonne)*

Dassargues, A. (1992): Paramétrisation et simulation des réservoirs souterrains. Discrétisation du domaine, préparation statistique des données. Couplages et non linéarités des paramètres, *Thèse de doctorat, Fac. Sciences Appliquées, Université de Liège.*, 313p. Document disponible sur le serveur 'Bictel' de l'ULg. Accès libre. <http://bictel.ulq.ac.be/ETD-db/collection/available/ULgetd-01262009-115513/>

Dassargues, A., Monjoie, A. (1993): Hydrogeology of the chalk of North-West Europe, chapter 8: Chalk as an aquifer in Belgium, pp; 153 - 169, Oxford University Press.

Dautrebande, S., Dewez, A., Casee, C., Hennebert, P. (1999): Nitrate leaching at regional scale: an implicit example of the hydrotope concept application. Modelling of transport processes in soils at various scales in time and space. EurAgEng Soil and Water Interest Group's International Workshop, Leuven, Belgium.

Dejonghe, L. (1998): Guide de lecture des cartes géologiques de Wallonie au 1/25 000. *Service Public de Wallonie*, 47p.

Dewez, A., Dautrebande, S. (1996): Programme Action Hesbaye. Rapport scientifique. Unité d'Hydraulique Agricole. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux

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

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

http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/ficheso/fiche_EDL_MESO_M011.pdf

http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/ficheso/fiche_EDL_MESO_M040.pdf

http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/ficheso/fiche_EDL_MESO_M072.pdf

http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/ficheso/fiche_EDL_MESO_M073.pdf

Dingelstadt, Cl. & Drevet, J-P. (2007): Etude des conséquences de l'après-mine, en particulier sur la gestion des eaux souterraines et des risques, rapport final, 67 pp, ISSeP, Liège

Drevet, J.-P., Dingelstadt, C. & Veschkens, M. (2009): Arrêté de Subvention du Service Public de Wallonie pour l'étude des conséquences de l'après-mine, en particulier sur la gestion des eaux souterraines et des risques. Mission 2008-2009 : Rapport final, 232 pp, ISSeP, Liège

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.

Fourmarier, P. (1920): Sur la géologie de Horion-Hozémont. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, T.43, pp 121-127

Gardin, N., Brouyère, S. et Dassargues, A. (2005): Modélisation de la remontée des niveaux piézométriques dans les massifs affectés par des travaux miniers dans l'ancien bassin charbonnier de Liège, Site pilote de Cheratte, rapport final, 89 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* (2001) 9: 555-569.

Hallet, V. (1998): Etude de la contamination de la nappe aquifère de Hesbaye par les nitrates : hydrogéologie, hydrochimie et modélisation mathématique des processus d'écoulement et de transport en milieu saturé, *Thèse de doctorat, Fac. Sciences, Université de Liège*.

Hallet V., Monjoie A. (1996): Programme-Action Hesbaye. Rapport Scientifique - LGIH. Ministère de la Région Wallonne, Division de l'eau - Service des eaux souterraines.

Hance, L., Steemans, P., Goemaere, E., Somers, Y., Vandeven, G., Vanguestaine, M., Verniers, J. (1991): Nouvelles données sur la Bande de Sambre-et-Meuse à Ombert (Huy, Belgique), *Annales de la Société Géologique de Belgique*, T.114, Fascicule 1, pp 253-264

Humblert, E. (1941): Le Bassin houiller de Liège, *Revue universelle des mines, Eds Assoc. des Ingénieurs Liégeois*, 84^{ième} année, 8^{ième} série, T.17, n°12, pp. 357-377 + 11 planches.

Interreg II. (2000): Qualité de l'eau souterraine dans les aquifères des provinces Limbourg belge, Limbourg néerlandais et Liège. Equipes : LGIH-ULg (Liège), LISEC (Genk) et TNO-NTIG (Delft et Heerlen)

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

Legrand R. (1968): Le Massif du Brabant. *Mém. Expl. Cartes Géologiques et Minières de la Belgique* n°9. 148 p.

LGIH. (1991): Approfondissement de la carrière de calcaire Dumont-Wautier à St-Georges-sur-Meuse ; étude hydrogéologique, prospection géophysique, essais de pompage. DW/911-912-913-914-916

LGIH. (1997): Captage d'Amay - Etude des zones de prévention : essais de traçage et modélisation. SWDE/972-973

LGIH. (2001): Réhabilitation du dépotoir de 'Bois Grumsel' (Villers-le-Bouillet) ; caractérisation du site-géologie et hydrogéologie. VILB/2001-01

Monjoie, A. (2000): Le cycle de l'eau et les modifications de l'écoulement en surface et en profondeur suite aux travaux miniers, *Bull. Soc.Royale des Sciences de Liège*, 69(5): 247-264

Monjoie, A. & Polo-Chiapolini, Cl. (1973): Influence des travaux miniers sur les caractéristiques hydrogéologiques et géomécaniques des massifs rocheux, *Ann. des Mines de Belgique*, 9^olivraison.

Moors (Entreprises Michel Moors s.p.r.l) (1998): Hermalle-sous-Huy, Fawe Kalk, Forage d'un puits de reconnaissance et d'un puits d'exploitation et pompages d'essai. Rapport technique, Jan 1998, pp 15 + annexes, inédit

Orban, Ph. (2009): Solute transport modelling at the groundwater body scale: Nitrate trends assessment in the Geer basin (Belgium), *Thèse de doctorat, Fac.Sciences Appliquées, Université de Liège*. Document disponible sur le serveur 'Bictel' de l'ULg. Accès libre. <http://bictel.ulg.ac.be/ETD-db/collection/available/ULgetd-03182009-163146/>

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

Quinif, Y. (1977): Essai d'étude synthétique des cavités karstiques de Belgique, *Revue Belge de Géographie*, Fascicules 1 à 3, 116-173.

Rouxhet, F., Guiot, J. (1996): Programme Action Hesbaye. Rapport scientifique. Station de Phytotechnie. Centre de Recherche Agronomiques de Gembloux

- Stainier, X.** (1899): Carte géologique de Belgique, Planchette 133 Jehay-Bodegnée - Saint-Georges, 1/40.000, *Service géologique de Belgique*
- SPAQuE.** (2008): Site "Terres Rouges", Engis, Lg2502-01. Rapport de réhabilitation (6p) & Fiche d'information: <http://www.walsols.be/>
- SWDE.** (1992): Exécution d'un forage de reconnaissance et de trois puits à Villers-le-Bouillet (anciennement Warnant-Dreye) et à Wanze (anciennement Vinalmont). Service Protection des Ressources et Captages. Rapport Technique
- SWDE** (1997): Réalisation de quatre piézomètres à Amay. Service Protection des Ressources et Captage. Rapport Technique
- SWDE.** (2005): Réalisation de deux puits de reconnaissance PR2 et PR3 à Villers-le-Bouillet et à Wanze (anciennement Vinalmont) dans le cadre de la recherche de nouvelles potentialités en eau. Service Protection des Ressources et Captages. Rapport Technique n°187
- Thorez, J. & Monjoie, A.** (1973): Lithologie et assemblage argileux de la smectite de Herve et des craies campaniennes et maatrichtiennes dans le Nord-Est de la Belgique. *Annales de la société Géologique de Belgique*, T. 96. 651-970.
- UNESCO-OMM.** (1992): Glossaire International d'Hydrologie, seconde édition, 413p
- Van den Broeck, E., Martel, E.A. & Rahir, E.** (1910): Les cavernes et les rivières souterraines de la Belgique, Bruxelles: Edité par les auteurs, 2 tomes, 1586p
- Wojda, P., Dachy, M., Popescu, C., Ruthy, I., Gardin, N, Brouyère, S. & Dassargues, A.** (2005): Appui à la conception de la structure, à l'interfaçage et à l'enrichissement de la base de données hydrogéologiques de la Région wallonne, *Convention subsidiée par Service public de Wallonie, DGARNE – Université de Liège*
- Younger, P.L., S.A.Banwart, et al** (2002): Mine Water: Hydrology, Pollution, Remediation, *Kluwer Academic Publishers*

ANNEXE 1: LISTE DES ABREVIATIONS DES INSTITUTIONS ET ORGANISMES

- **AIDE** : Association Intercommunale pour le Démergement et l'Épuration des communes de la Province de Liège.
Rue de la Digue, 25 à 4420 SAINT-NICOLAS (Liège)
<http://www.aide.be/>
- **CILE** : Compagnie Intercommunale Liégeoise des Eaux
Rue du Canal de l'Ourthe, 8 à 4031 LIEGE (Angleur)
<http://www.cile.be/>
- **CWEPSS** : Commission Wallonne d'Etude et de Protection des sites Souterrains, asbl
Avenue Gilbert, 20 à 1050 Bruxelles
<http://www.cwepss.org>
- **HG-GEO³** : Hydrogéologie & Géologie de l'Environnement- GEO³ - ArGEnCo – ULg
Bâtiment B52, niveau –1, Sart-Tilman à 4000 LIEGE
<http://www.argenco.ulg.ac.be/geo3>
- **IRM**: Institut Royal Météorologique, Section Climatologie.
Avenue Circulaire, 3 à 1180 BRUXELLES
<http://www.meteo.oma.be/IRM-KMI/>
- **ISSeP**: Institut Scientifique de Service Public
Rue du Chéra, 200 à 4000 LIEGE
<http://www.issep.be>
- **LGIH** : Laboratoires de Géologie de l'Ingénieur, d'Hydrogéologie et de Prospection Géophysique, Université de Liège
Suite la succession du Professeur A.Monjoie, les activités sont poursuivies au sein d'ArGEnCo, GEO³
- **SGB**: Service Géologique de Belgique.
Département VII de l'Institut royal des Sciences Naturelles de Belgique
Rue Jenner, 13 à 1000 BRUXELLES
<http://www.sciencesnaturelles.be/geology>
- **SPAQuE**: Société Publique d'Aide à la Qualité de l'Environnement
Boulevard d'Avroy, 38/6 à 4000 LIEGE
<http://www.spaque.be> <http://www.walsols.be/>

- **Service Public de Wallonie (SPW)**

Depuis le 1^{er} août 2008, Ministère wallon de l'Équipement et des Transports et le Service public de Wallonie ont fusionné pour donner naissance au **Service public de Wallonie**. Ainsi la DGRNE est reprise dans la Direction générale opérationnelle 3 (DGO3) dont les domaines de compétences sont l'Agriculture, les Ressources naturelles et l'Environnement. La Direction des Eaux Souterraines est incluse dans le Département de l'Environnement et de l'Eau.

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

Département de l'Environnement et de l'Eau

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

Avenue Prince de Liège, 15 à 5100 Jambes

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

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

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

Boulevard du Nord, 8 à 5000 NAMUR

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

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

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

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

- **SWDE** : Société Wallonne des Eaux

Rue de la Concorde, 41 à 4800 VERVIERS

<http://www.swde.be>

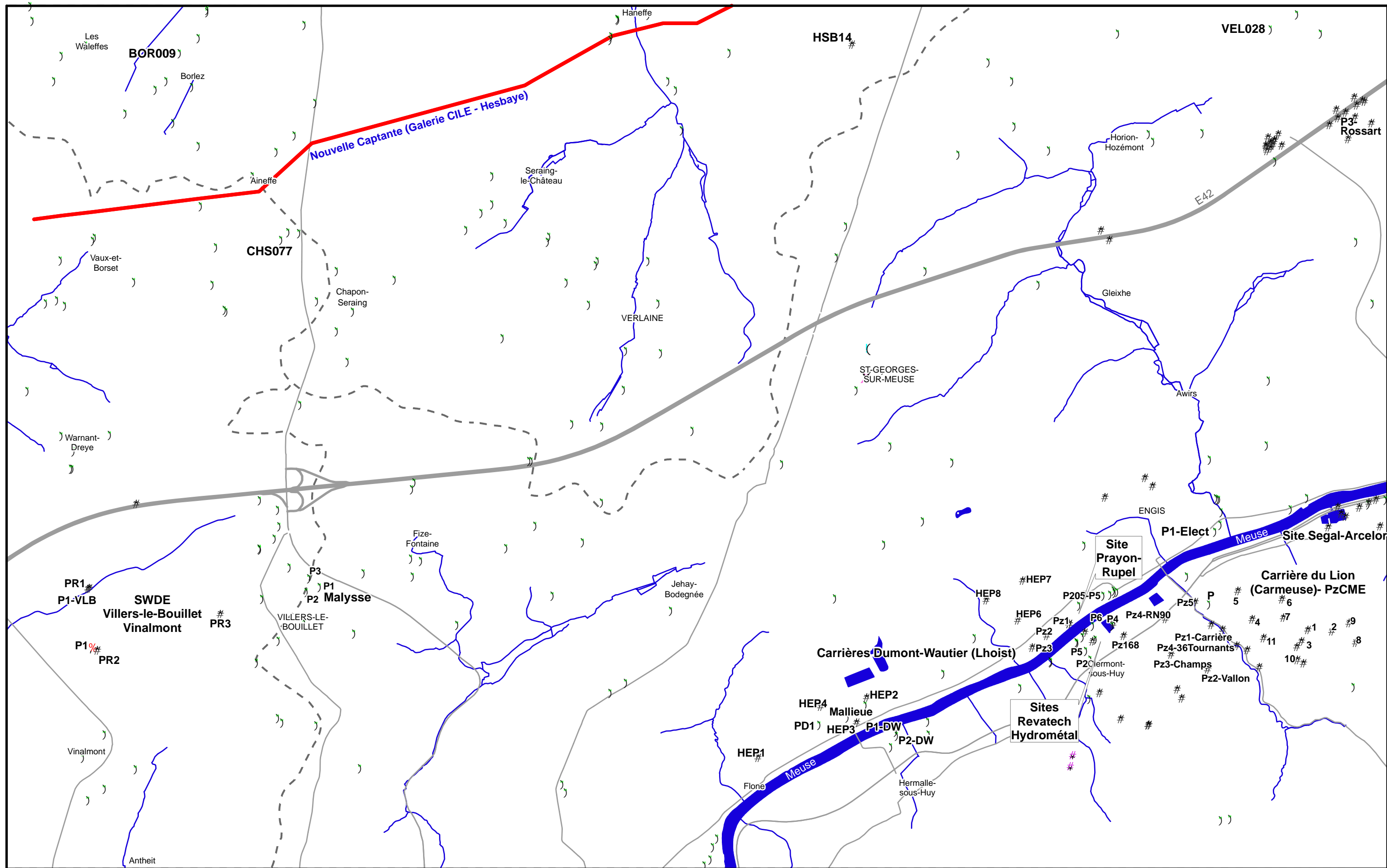
ANNEXE 2: TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures

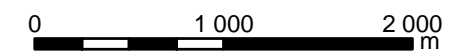
Figure I.1: Localisation de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges (41/7-8)-----	5
Figure II.1: Bassins hydrographiques de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges-----	7
Figure II.2: Répartition de l'occupation du sol - Niveau 1 - Carte 41/7-8-----	8
Figure II.3: Carte d'occupation du sol - Jehay-Bodegnée - Saint-Georges 41/7-8-----	9
Figure II.4: Carte des sols - Jehay-Bodegnée - Saint-Georges 41/7-8-----	10
Figure II.5: Légende de la carte des sols - 41/7-8-----	11
Figure III.1: Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2008; modifiée)-----	12
Figure III.2: Cadre structural de la carte Jehay-Bodegnée - St-Georges-----	22
Figure IV.1: Limite hydrographique et limite hydrogéologique de la nappe des craies de Hesbaye (Hallet, 1998)-----	32
Figure IV.2: Cartes piézométriques de la nappe des craies de Hesbaye: 1951 & 2008-----	33
Figure IV.3: Fluctuations de la nappe des craies de Hesbaye-----	34
Figure IV.4: Relation «Débit du Geer – Infiltration - Débits des captages» (Hallet, 1998)-----	36
Figure IV.5: Localisation des puits et piézomètres sur le site SEGAL-ARCELOR-----	38
Figure IV.6: Fluctuations piézométriques de la nappe alluviale de la Meuse. Site SEGAL-ARCELOR-----	38
Figure IV.7 : Vue 3D des carrières Dumont-Wautier (Lhoist) à Flône, avec localisation des piézomètres-----	39
Figure IV.8 : Fluctuations piézométriques de l'aquiclude à niveaux aquifères du Houiller à Flône-----	40
Figure IV.9 : Zone Flémalle-St-Georges (projet "Après-mine", ISSeP)-----	42
Figure IV.10 : Localisation des piézomètres du site des carrières Dumont-Wautier (Lhoist) à Flône. Indication du niveau d'eau (31 août 2010)-----	44
Figure IV.11 : Fluctuations piézométriques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère à Flône-----	45
Figure IV.12 : Fluctuations piézométriques observées dans le forage HEP 1-----	46
Figure IV.13 : Fluctuations piézométriques observées dans le forage HEP 3-----	46
Figure IV.14 : Fluctuations piézométriques observées dans le forage HEP 5-----	46
Figure IV.15 : Répartition du volume d'eau pompé dans la fosse "Flône-Boulade" des carrières "Dumont-Wautier"-----	47
Figure IV.16 : Fluctuations piézométriques observées dans le forage HEP 6-----	47
Figure IV.17 : Localisation des piézomètres situés dans le périmètre de la carrière du Lion à Clermont-sous-Huy. Indication du niveau d'eau (2 avril 2010)-----	49
Figure IV.18 : Fluctuations piézométriques au droit des forages "Prayon" à Clermont-sous-Huy-----	50
Figure IV.19 : Localisation des ouvrages SWDE à Vinalmont, Villers-le-Bouillet-----	51
Figure IV.20 : Fluctuations piézométriques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère à Villers-le-Bouillet (site SWDE)-----	52
Figure IV.21: Phénomènes karstiques - Carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges-----	53
Figure IV.22: Site karstique du Chant des Oiseaux - Ramioul - Bruta-----	54
Figure IV.23: Site karstique Engihoul - Lyell - Rosée-----	55
Figure V.1: Carte des masses d'eau souterraine de la région de Jehay-Bodegnée - Saint-Georges-----	60
Figure V.2: Zones vulnérables en Région wallonne-----	66
Figure V.3: Evolution des teneurs en nitrates - Station de captage de Jeneffe (Galerie 'Nouvelle Captante')-----	67
Figure VI.1: Localisation des galeries et stations de pompage de la CILE en Hesbaye-----	72
Figure VIII.1: Zones de prévention - Carte Jehay-Bodegnée - St-Georges-----	84

Liste des tableaux

Tableau IV.1: Unités hydrogéologiques de la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges-----	30
Tableau IV.2: Profondeur des forages SWDE à Villers-le-Bouillet -----	51
Tableau V.1: Masses d'eau souterraine situées sur la carte Jehay-Bodegnée - Saint-Georges-----	60
Tableau V.2: Caractéristiques hydrochimiques moyennes de l'aquifère des craies de Hesbaye -----	61
Tableau V.3: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère alluvial de la Meuse -----	63
Tableau V.4: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquiclude à niveaux aquifères du Houiller -----	64
Tableau V.5: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère -----	65
Tableau V.6: Teneurs en nitrates de l'aquifère alluviale de la Meuse - 41/7-8 -----	69
Tableau V.7: Produits phytosanitaires – Carte 41/7-8 -----	70
Tableau V.8: Principaux métaux- Carte 41/7-8 -----	71
Tableau IX.1: Liste des stations climatiques et limnimétriques - 41/7-8 -----	86



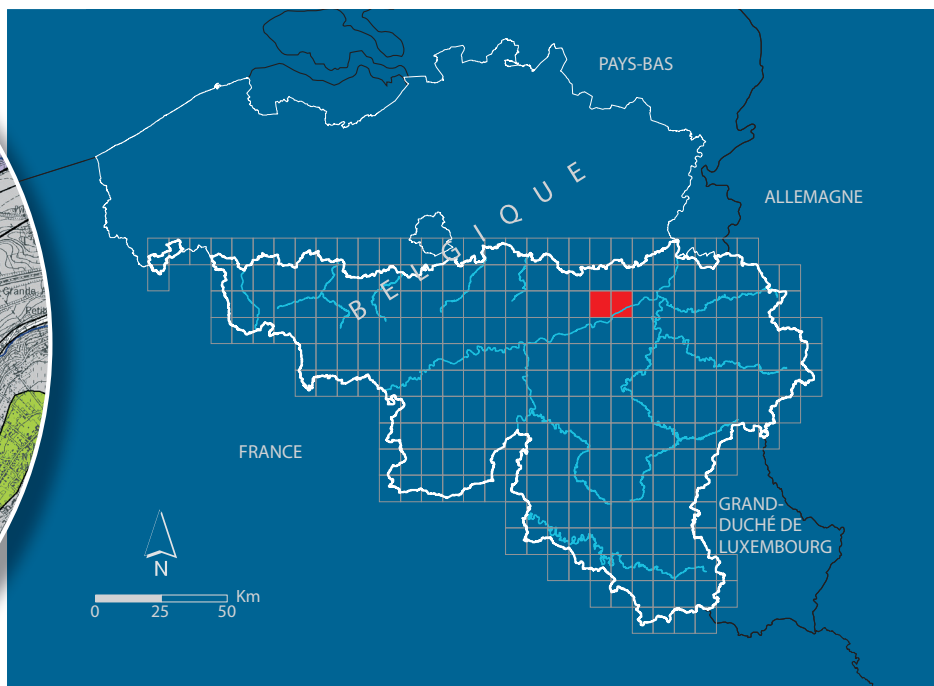
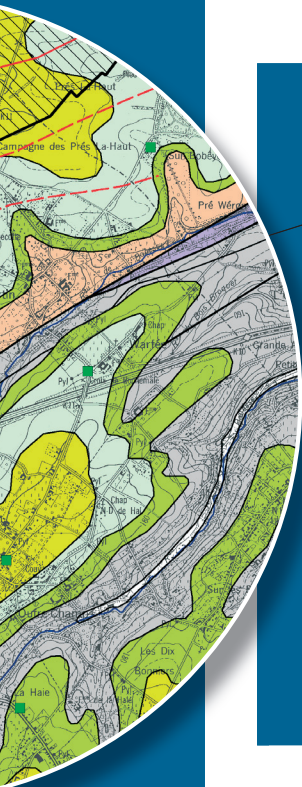
%	Puits pour la distribution publique d'eau potable	#	Drain	—	Réseau hydrographique
)	Autre puits (industries, agriculteurs, particuliers...)	(Source (exploitée ou non)	- -	Limite des bassins hydrographiques
#	Piézomètre	Y	Sonde géothermique	—	Autoroute
		—	Galerie de captage	—	Route principale d'importance majeure



ANNEXE 4: COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE

Nom	Code RW	Identifiant RW	X(m)	Y(m)	Z(m)	Type	Prof.(m)
VEL028	41/8/3/008	32972	224670	147900	186.7	Puits traditionnel	29.3
BOR009			212030	147625		Puits traditionnel	
CHS077	41/7/2/004	23820	213205	145462	177.7	Puits traditionnel	24.6
HSB14	41/8/1/002	3938	219810	147710	168.14	Piézomètre	27.5
P1-Malysse	41/7/5/006	70	213650	141440	190	Puits foré	108
P2-Malysse	41/7/5/007	2224	213500	141380	190	Puits foré	150
P3-Malysse	41/7/5/008	4406	213530	141540	190	Puits foré	186
HEP 1	41/8/7/012	41433	218724	139452	147.407	Piézomètre	110
HEP 2	41/8/7/013	41434	219982	140147	84.685	Piézomètre	120
HEP 3	41/8/7/014	41435	219865	139855	82.162	Piézomètre	115
HEP 4	41/8/7/015	41436	219451	140039	159.419	Piézomètre	150
HEP 5	41/8/7/016	41437	220562	140357	70.294	Piézomètre	100
HEP 6	41/8/8/029	41812	221733	141042	162.010	Piézomètre	120
HEP 7	41/8/8/030	41813	221789	141500	175.750	Piézomètre	180
HEP 8	41/8/8/031	41814	221367	141272	151.950	Piézomètre	95
Flône Mallieue	41/8/7/001	334	219767	139929	66.7	Puits foré	111.6
PD1-Flône Ouest – Boulade	41/8/7/002	2491	219440	139840		Puits foré	
P1-DW	41/8/7/006	2783	220338	139717		Puits foré	17.1
P2-DW	41/8/7/007	27733	220326	139764		Puits foré	12.5
Carrière du Lion	41/8/9/002	2067	223955	141240		Puits foré	
PzCME1			225093	140927	175	Piézomètre	175.5
PzCME2			225372	140914	179	Piézomètre	112.4
PzCME3			225020	140797	184.5	Piézomètre	114
PzCME4			224448	141054	13	Piézomètre	45
PzCME5			224282	141380	131	Piézomètre	149.6
PzCME6			224794	141286	110	Piézomètre	132
PzCME7			224812	141073	105.3	Piézomètre	102
PzCME8			225648	140782	199	Piézomètre	90
PzCME9			225572	141012	186	Piézomètre	120
PzCME10			224972	140582	202.5	Piézomètre	78
PzCME11			224580	140836	181.5	Piézomètre	120
P1-VLB			210975	141412	173.43	Piézomètre	86
P1-Vinalmont	41/7/7/007	42112	211016	140724		Puits foré	240
PR1-VLB	41/7/7/006	34199	210959	141406	173.43	Piézomètre	105
PR2-VLB			211070	140693		Piézomètre	254
PR3-VLB			212492	141111	195	Piézomètre	262
P2-Hydrométal	41/8/8/010	4019	222580	140600		Puits foré	15.5
P4-Revatech			222835	140990		Puits foré	
P5-Hydrométal			222530	140700		Puits foré	
P6-Hydrométal			222610	140990		Puits foré	
Puits Segal – SEG PP	41/8/6/003	723	225800	142400		Puits foré	12
Sompré – P3 – ARCF3	41/8/6/002	6902	226000	142450	68.5	Puits foré	9.4

SF3			225885	142440	68.4	Piézomètre	
SF4			225930	142130	68.8	Piézomètre	
SF5			225690	142350	66.89	Piézomètre	
SF6			225530	142240	68.33	Piézomètre	
SF7			225480	142280	66.86	Piézomètre	
SF8			225440	142355	72.28	Piézomètre	
SF9			225330	142120	67.69	Piézomètre	
SEG-PZ			225802	142402	64.78	Piézomètre	
P1 – Elect	41/8/6/005	5051	224027	142080		Puits foré	13
Pz168-Revatech	41/8/8/011	6185	222960	140860		Piézomètre	
P205-P5-Prayon	41/8/8/007	595	222730	141340		Puis foré	12
P3-Rossart			225640	146870	180	Piézomètre	
Pz1-Paviomont			222679	140202	96.19	Piézomètre	30.9
Pz1-Carrière			223973	140988	99.43	Piézomètre	69
Pz2-Vallon			222933	140470	151.18	Piézomètre	42
Pz3-Champs			223510	140645	184.7	Piézomètre	52
Pz4-36Tournants			224271	140746	108.99	Piézomètre	30
Pz5-Carmeuse			223789	141253	81.65	Piézomètre	60
Pz6-RN90			223445	141086	82.69	Piézomètre	45
Pz1-Prayon			222330	141000		Piézomètre	
Pz2-Prayon			222070	140860		Piézomètre	
Pz3-Prayon			221900	140725		Piézomètre	
Jeneffe (station de pompage sur Nouvelle Captante)	41/4/7/001		220260	149000		Puits sur galerie	



Dépôt légal : D/2010/12.796/8 – ISBN : 978-2-8056-0076-0

Editeur responsable : Claude DELBEUCK, D GARNE,
15, Avenue Prince de Liège – 5100 Jambes (Namur) Belgique