

Notice explicative

CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE WALLONIE

Echelle : 1/25 000



Photos couverture © SPW-DGARNE(DGO 3)

Fontaine de l'ours à Andenne

Forage exploité

Argillère de Celles à Houyet

Puits et sonde de mesure de niveau piézométrique

Emergence (source)

Essai de traçage au Chantoir de Rostenne à Dinant

Galerie de Hesbaye

Extrait de la carte hydrogéologique de Sivry - Rance



SIVRY - RANCE

57/1-2

Sylvie **ROLAND**, Alain **RORIVE**

Université de Mons
Rue de Houdain, 91 - B-7000 Mons (Belgique)



NOTICE EXPLICATIVE

2014

Première version : Novembre 2008
Actualisation partielle : Avril 2014

Dépôt légal – **D/2014/12.796/6** - ISBN : **978-2-8056- 0152-1**

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

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

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

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	3
I. Introduction.....	4
II. Cadres géographique, géomorphologique et hydrographique.....	5
III. Cadre géologique.....	7
III.1. Cadre géologique régional.....	7
III.2. Cadre géologique de la carte.....	9
III.2.1. Cadre lithostratigraphique.....	9
III.2.2. Cadre structural.....	13
IV. Cadre hydrogéologique.....	15
IV.1. Description des unités hydrogéologiques.....	15
IV.1.1. L'aquiclude du frasnien.....	16
IV.1.2. L'aquifère des calcaires du Frasnien.....	17
IV.1.3. L'aquiclude du Famennien.....	17
IV.1.4. L'aquitard du Famennien.....	17
IV.1.5. L'aquifère des sables de remplissage.....	18
IV.1.6. L'aquifère alluvial.....	18
IV.2. Description de l'hydrogéologie régionale.....	19
IV.2.1. Généralités.....	19
IV.2.2. Piézométrie de la carte 57/1-2 Sivry – Rance.....	22
IV.3. Phénomènes karstiques.....	25
IV.3.1. Système karstique de Chaud Bassin.....	25
IV.3.2. Effondrements de Renlies.....	26
IV.4. Coupes hydrogéologiques.....	27
IV.5. Caractère des nappes.....	28
IV.6. Les carrières.....	28
V. Cadre hydrochimique.....	29
V.1. Caractéristiques hydrochimiques des eaux.....	30
V.1.1. Aquitard du Famennien.....	30
V.2. Problématique des nitrates.....	33
V.3. Qualité bactériologique.....	34
V.4. Autres paramètres.....	34

VI.	Exploitation des aquifères	35
VII.	Paramètres d'écoulement.....	37
VII.1.	L'aquitard du Famennien.....	37
VII.2.	L'aquifère des calcaires du Frasnien	39
VIII.	Zones de protection.....	41
VIII.1.	Cadre légal.....	41
VIII.2.	Zones de prévention approuvées par arrêté ministériel	43
IX.	Méthodologie de l'élaboration de la carte hydrogéologique	44
IX.1.	Origine des données	44
IX.1.1.	Données géologiques	44
IX.1.2.	Données météorologiques et hydrologiques	44
IX.1.3.	Données hydrogéologiques	45
IX.2.	Méthodologie de construction de la carte	46
IX.2.1.	Banque de données hydrogéologiques.....	46
IX.2.2.	Construction de la carte hydrogéologique.....	47
IX.3.	Présentation du poster A0	48
IX.3.1.	Carte hydrogéologique principale	48
IX.3.2.	Carte des informations complémentaires et du caractère des nappes	49
IX.3.3.	Carte des volumes prélevés	49
IX.3.4.	Tableau de correspondance 'Géologie – Hydrogéologie'	50
IX.3.5.	Coupes hydrogéologiques	50
IX.3.6.	Avertissement.....	50
X.	Références bibliographiques.....	51
Annexe 1.	Glossaire des abréviations.....	53
Annexe 2.	Carte de localisation	54
Annexe 3.	Coordonnées géographiques des ouvrages cités dans la notice.....	55

AVANT-PROPOS

La réalisation de la carte hydrogéologique de Sivry – Rance s'inscrit dans le cadre du programme de cartographie des ressources en eau souterraine wallonnes commandé et financé par le Service Public de Wallonie (SPW), Direction générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement (DGARNE – DGO3). Quatre équipes universitaires collaborent à ce projet : l'Université de Namur (UNamur), la Faculté Polytechnique de l'Université de Mons (UMons) et deux départements de l'Université de Liège (ArGEnCO-GEO³-Hydrogéologie & Géologie de l'Environnement, et ULg-Campus d'Arlon, ULg).

La carte hydrogéologique de Sivry-Rance a été réalisée en 2008 et révisée en 2014 par Ir. Sylvie Roland. Le projet a été supervisé à la FPMS – UMons par Ir. Alain Rorive (Professeur chargé du cours d'hydrogéologie). La révision de la carte aboutit à sa diffusion sur Internet et porte sur une actualisation partielle des données et notamment sur l'inventaire des ouvrages existants, les volumes d'eau prélevés et les zones de prévention.

Les cartes hydrogéologiques sont basées sur de nombreuses données, géologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques, recueillies par bibliographie et auprès de divers organismes. Elles ont pour objectif d'informer sur l'extension, la géométrie et les caractéristiques hydrogéologiques, hydrodynamiques et hydrochimiques des aquifères, ainsi que sur leur exploitation. Elles s'adressent plus particulièrement à toute personne, société ou institution concernées par la problématique et la gestion, tant quantitative que qualitative, des ressources en eau. Elles reflètent l'état des connaissances au moment de leur publication.

La carte principale du poster A0 joint à cette notice a été dressée à l'échelle 1/25 000. Par un choix délibéré, la carte veut éviter toute superposition outrancière d'informations conduisant à réduire sa lisibilité. Dans ce but, outre la carte principale, deux cartes thématiques au 1/50 000, deux coupes hydrogéologiques, ainsi qu'un tableau lithostratigraphique sont présentés.

La base de données hydrogéologiques de Wallonie (BD Hydro) est la principale source des données servant à l'élaboration des cartes hydrogéologiques. Elle est en perpétuelle amélioration afin d'aboutir à une base de données informatique centralisée, régulièrement mise à jour (Gogu, 2000 ; Gogu *et al.*, 2001 ; Wojda *et al.*, 2006).

La carte hydrogéologique Sivry – Rance est téléchargeable gratuitement (notice explicative et poster au format PDF) ou consultable dynamiquement via une application WebGIS sur le site internet de la Carte Hydrogéologique de Wallonie :

<http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartehydrogeo>).

I. INTRODUCTION

La région couverte par la planche 57/1-2 Sivry – Rance se situe dans la partie sud de la province du Hainaut, région géographique de l'Entre-Sambre-et-Meuse (voir Figure I.1).

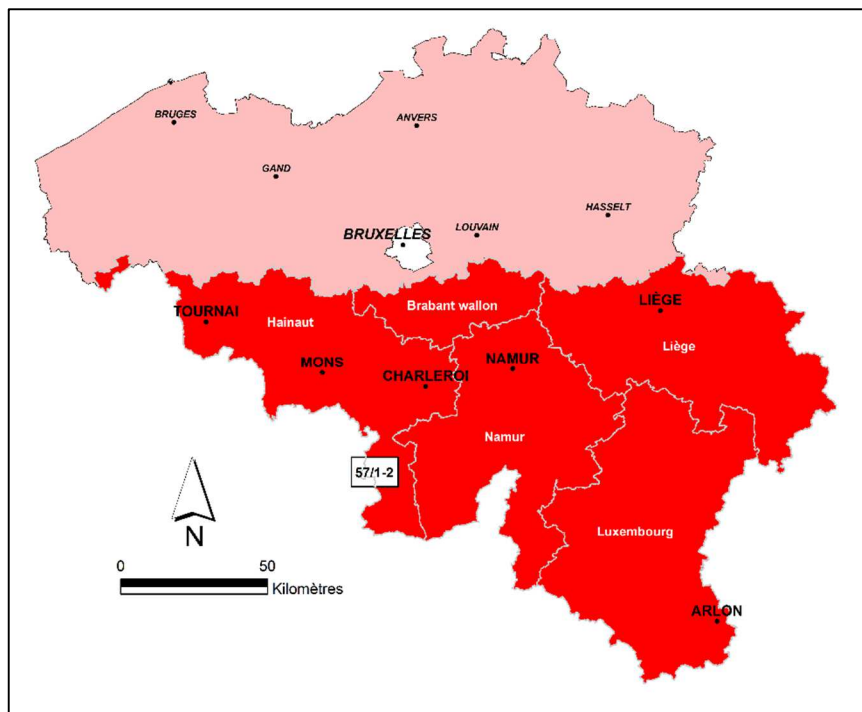


Figure I.1. Localisation de la carte 57/1-2 Sivry – Rance

Sur cette carte, il n'existe pas d'aquifère important au niveau de la productivité. La disponibilité en eau souterraine de la région répond à peine aux besoins agricoles et domestiques. Les formations présentes sont plutôt des aquitards, unités possédant des caractéristiques hydrogéologiques moyennes en termes de perméabilité.

En outre, de nombreux puits et forages à usage domestique et agricole sont implantés dans la région, essentiellement dans les aquitards. Les niveaux calcaires, plus aquifères sont peu étendus sur la carte et leur débit d'exploitation est peu important.

La faible perméabilité du sol permet l'existence de plusieurs retenues sur les cours d'eau, avec formations de lacs.

II. CADRES GEOGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE

La région couverte par la feuille Sivry – Rance est située dans la partie méridionale du Hainaut, dans l'arrondissement de Thuin. Elle est contiguë à la France à l'ouest. Les communes concernées sont celles de Sivry – Rance, de Beaumont, de Froidchapelle et de Chimay (voir Figure II.1).

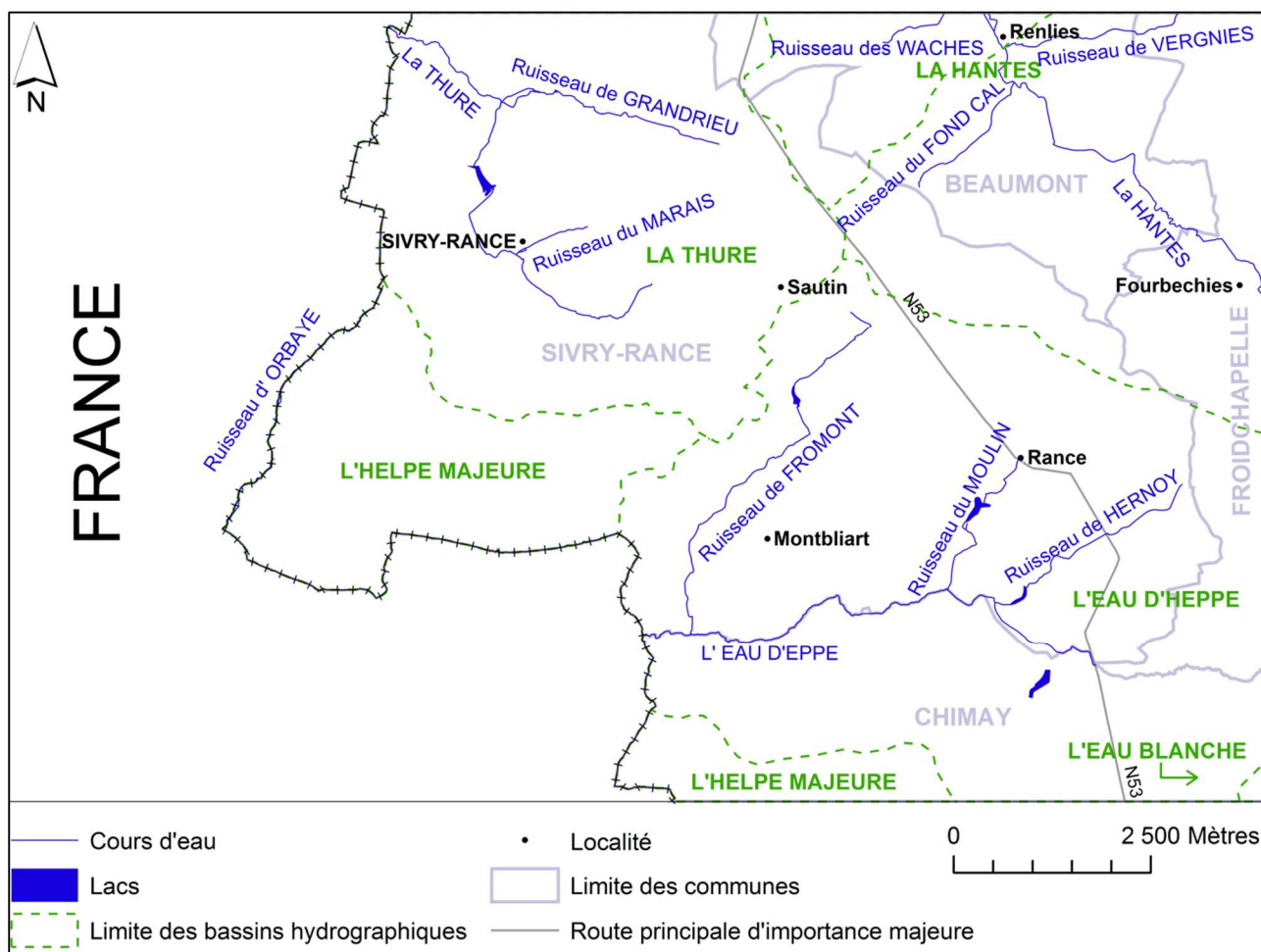


Figure II.1. Localisation des cours d'eau, lacs, limites des bassins hydrographiques, routes et limites des communes sur la carte 57/1-2 Sivry – Rance

Concernant la géographie et la géomorphologie, la carte de Sivry – Rance appartient à la région de l'Entre-Sambre-et-Meuse. Celle-ci est caractérisée par deux unités morfo-structurales : la « dépression » de la Fagne – Famenne et la zone d'ennoyage occidentale de l'anticlinorium de Philippeville. La « dépression » de la Fagne – Famenne occupe la majorité de la carte et est constituée par des dépôts argilo-silteux du Famennien. Le relief est peu marqué. Le point culminant (272 mètres) est situé sur la crête de partage des bassins versants de la Hantes et de l'Eau d'Eppe, au lieu-dit « Barrière Marcel » (au nord-est de Rance). Le point le plus bas, 190 mètres, se situe à

proximité de la frontière française dans la plaine alluviale de l'Eau d'Eppe. La zone d'ennoyage occidentale de l'anticlinorium de Philippeville s'observe aux environs de Renlies et de Rance. Ce sont deux anticlinaux constitués par des schistes et des calcaires du Frasnien, bien marqués sur la coupe B – B' du poster A0.

La région de Sivry – Rance est relativement isolée et peu habitée. Les villages rencontrés sur cette carte sont Renlies, Rance, Sivry-Rance, Montbliart, Sautin et Fourbechies. La seule liaison routière importante qui traverse cette région est la N53 Chimay – Beaumont. Les sols pauvres sont principalement utilisés par l'agriculture, les prairies et les zones forestières.

Cinq sous-bassins hydrographiques sont présents sur la planche (voir Figure II.1) :

- au nord-est : le bassin de la Hantes, divisé en deux parties par rapport au confluent du ruisseau de Vergnies (les affluents sont les ruisseaux de Vergnies, du Fond Cal et des Waches) ;
- au nord-ouest, le bassin de la Thure (les affluents sont les ruisseaux du Marais et de Grandrieu) ;
- au sud-ouest et au sud, le bassin de l'Helpe majeure, qui se prolonge sur le territoire français (au Sud-Ouest, la frontière nationale coïncide avec le Ruisseau d'Orbaye) ;
- au sud, le bassin de l'Eau d'Eppe (les affluents sont les ruisseaux de Fromont, du Moulin et de Hernoy) ;
- enfin, sur le coin situé au sud-est, une portion du bassin de l'Eau Blanche.

A l'exception du bassin de l'Eau Blanche qui appartient au bassin principal de la Meuse, les autres sont des sous-bassins de la Sambre.

III. CADRE GEOLOGIQUE

Le cadre géologique aborde dans un premier point la géologie régionale et dans un second point la géologie détaillée de la carte 57/1-2 Sivry – Rance.

III.1. CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

Un résumé de l'histoire géologique de la Wallonie aide à la compréhension de la suite :

- de 530 à 400 Ma : dépôt d'une série sédimentaire d'âge Cambrien, Ordovicien et Silurien ;
- de 420 à 380 Ma : plissement calédonien en plusieurs phases, émerision, érosion et pénéplanation de ce qui va devenir le socle calédonien ;
- de 400 à 290 Ma : dépôt sédimentaire d'âge Dévonien à Carbonifère en discordance sur le socle calédonien ;
- de 360 à 130 Ma : plissement varisque (ou hercynien) en plusieurs phases, émerision, érosion et pénéplanation ;
- de 130 Ma à actuel : dépôt de sédiments meubles mésozoïques puis cénozoïques, en discordance sur la pénéplaine ;
- depuis le début du Quaternaire : soulèvement de la pénéplaine épivarisque* entraînant l'érosion quasi complète de la couverture méso-cénozoïque.

Les formations rencontrées dans la région de Sivry – Rance appartiennent essentiellement au Famennien et dans une moindre mesure au Frasnien (voir Figure III.1). La position structurale régionale de la planche de Sivry – Rance correspond au prolongement vers l'ouest de l'anticlinorium de Philippeville, dans l'extrémité occidentale du Synclinorium de Dinant. Ce dernier appartient à l'allochtone ardennais qui, par le jeu de la faille du Midi, a été charrié sur le Parautochtone brabançon (Belanger *et al.*, 2012). A une échelle plus large, la zone étudiée appartient au domaine rhéno-hercynien (zone externe nord) de l'orogène varisque en Europe occidentale.

La région de Sivry – Rance montre les dépôts sédimentaires du Frasnien jusqu'à la transition Famennien – Tournaisien, d'est en ouest. Ces dépôts sont en discordance sur le socle calédonien érodé (non visible sur la planche 57/1-2).

* Epivarisque : ensemble constitué par les terrains dévono-carbonifères plissés, érodés et pénéplanés, et par les sédiments méso-cénozoïques

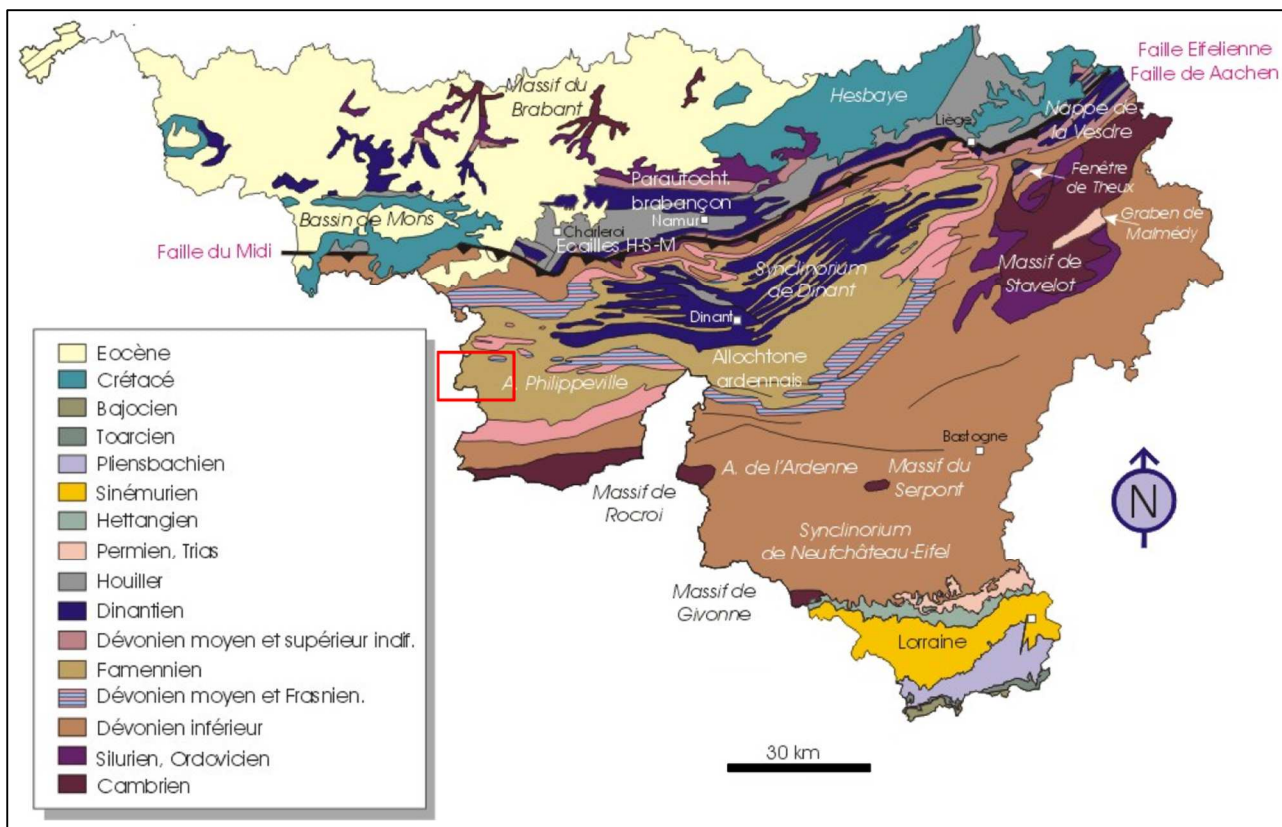


Figure III.1. Localisation de la planche 57/1-2 Sivry – Rance sur la carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2013)

La pile sédimentaire a subi l'orogénèse varisque. Cela s'est traduit par un raccourcissement selon la direction générale SSE-NNW, avec le plissement des formations paléozoïques en une série de synclinoria et d'anticlinoria successifs, découpés par de multiples failles longitudinales de chevauchement. Ce substrat a ensuite été érodé et pénéplané.

Par après, les sédiments méso-cénozoïques se sont déposés en discordance sur le socle pénéplané et ont été ensuite érodés pendant le soulèvement au Quaternaire. Seuls subsistent les dépôts argileux et sableux du Paléogène. Pendant ce soulèvement, la région de Sivry – Rance, appartenant au domaine continental, a subi l'incision progressive du réseau hydrographique, ainsi que les effets des variations climatiques. Ces phénomènes sont à l'origine de l'érosion partielle des terrains de couverture et de la morphologie actuelle du paysage en forme de plateaux étagés et incisés.

III.2. CADRE GÉOLOGIQUE DE LA CARTE

Cette partie donne une description lithologique et stratigraphique sommaire des différentes formations rencontrées sur la carte. Cette description est issue du texte explicatif de la nouvelle carte géologique 57/1-2 de Sivry – Rance au 1/25 000, éditée en 2004 et dressée par Marion et Barchy, auquel est renvoyé le lecteur pour une description plus précise. La carte géologique sert de fond à la carte hydrogéologique.

III.2.1. Cadre lithostratigraphique

Sur la planche de Sivry – Rance, les formations du Paléozoïque se limitent à celles du Dévonien supérieur. Il est représenté par l'étage Frasnien et l'étage Famennien. Les principales roches rencontrées sont des schistes, des siltites, des grès et quelques calcaires.

Le Tableau III-1 ci-dessous, reprend toutes les subdivisions géologiques utilisées dans la région de Sivry – Rance.

Tableau III-1. Tableau lithostratigraphique de la région de Sivry – Rance

Ere	Système	Série	Etage	Formation	Membre	Abréviation	Lithologie
Cénozoïque	Quaternaire	Holocène				AMO	Alluvions modernes - graviers, sables
	Paléogène					SBL	Sables, sables argileux, argiles
Paléozoïque	Dévonien	Supérieur	Famennien	Sains		SNS	Schistes, argilo-siltites, siltites
				Souverain-Pré		SVP	Schistes carbonatés à nodules calcaires, calcaires argileux et noduleux entrecoupés de grès et parfois de calcaires francs
				Esneux	Membre supérieur	AE	Alternances d'argilo-siltites et de grès argileux ou micacés
					Membre moyen		Schistes, grès calcaireux ou argileux et lentilles calcaires
					Membre inférieur		Grès et grès argileux micacés, grès calcaireux et minces lentilles calcaires
				Aye			Alternances de siltites argileuses et de grès argileux
			La Famenne		FAM	Argilo-siltites à rares intercalations gréseuses	
			Frasnien	Valisettes		NV	Schistes à nodules calcaires, monticules micritiques rouges (MM)
				Neuville			Calcaires argileux et noduleux, schistes à nodules calcaires, monticules micritiques rouges (MM)
				Philippeville		PHV	Calcaires fins et calcaires massifs biostromaux fortement diaclasés et dolomitisés, et calcaires stratifiés
				Pont de la Folle	Machenées	FOL	Calcaires argileux dolomitisés et schistes à nodules calcaires
					Fontaine Samart		Calcaires en bancs, lentilles de calcaires biostromales, dolomies
			Nismes		NIS	Schistes, bancs calcaires à la base et au sommet	

III.2.1.1. Les formations du Paléozoïque

III.2.1.1.1. L'étage Frasnien

L'étage du Frasnien est constitué des formations de Nismes, du Pont de la Folle, de Philippeville, de Neuville et des Valisettes.

La Formation de Nismes (NIS), d'environ 25 mètres d'épaisseur, est constituée de schistes avec quelques bancs calcaires à la base et au sommet.

La Formation du Pont de la Folle (FOL), dont l'épaisseur varie entre 65 et 90 mètres, comprend deux membres bien distincts : le Membre de la Fontaine Samart et le Membre des Machénées. Le Membre de la Fontaine Samart montre un ensemble carbonaté (calcaire et dolomie) massif. Des diaclases l'affectent intensément et un processus de dolomitisation rend les roches pulvérulentes (aspect « sableux »). Cette masse est surmontée de calcaires argileux. Le Membre des Machénées est composé de calcaires argileux dolomités et de schistes à nodules calcaires.

Dans la Formation de Philippeville (PHV), il est possible de distinguer deux unités lithologiques différentes. A la base, se trouvent entre 10 et 40 mètres de calcaires massifs fortement diaclasés et dolomités. Ceux-ci sont surmontés par des calcaires stratifiés formés d'alternances de bancs pluridécimétriques à métriques sur 60 mètres d'épaisseur.

La Formation de Neuville est constituée de calcaires argileux et noduleux et de schistes à nodules de calcaire fin. L'épaisseur est d'environ 25 mètres. Localement, cette formation peut contenir des lentilles de calcaire massif relativement aplaties (épaisseur : plusieurs dizaines de mètres, diamètre : plusieurs centaines de mètres) appelée récif de marbre rouge ou monticules micritiques (MM). Dans cette formation, ces lentilles sont du même type que « Les Bulants » (voir Figure III.2). Leur relief est peu marqué.

La Formation des Valisettes se compose, sur une cinquantaine de mètres d'épaisseur, de schistes fins contenant localement des monticules micritiques. Ces monticules forment des édifices constitués de calcaires noduleux et de schistes à nodules calcaires. Ils sont du type « Les Wayons-Hautmont » (voir Figure III.2). Leur relief est appréciable et les pentes latérales sont bien marquées.

En raison de leurs conditions d'affleurement, les deux formations de Neuville et des Valisettes (NV) ont été regroupées.

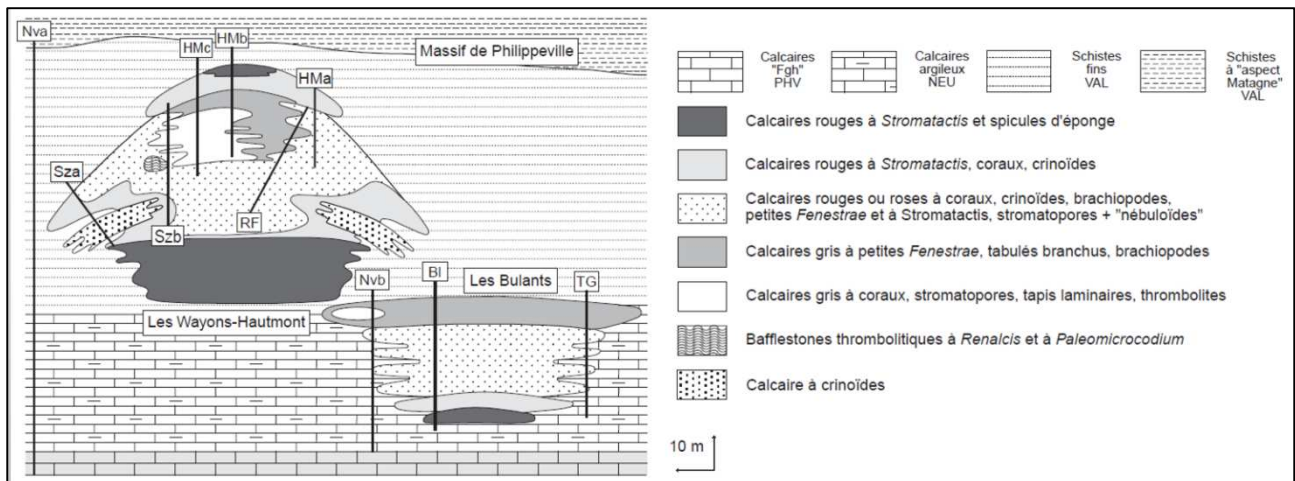


Figure III.2. Monticules micritiques de l'anticlinorium de Philippeville avec position des coupes de référence (NV : Neuville, SZ : Beauchâteau, HM : Hautmont, RF : Rochefontaine, BL : Les Bulants, TG : Tienne al Gatte (Boulvain & Coen-Aubert, 1992)

III.2.1.1.2. L'étage Famennien

L'étage du Famennien est constitué des formations de La Famenne, d'Aye, d'Esneux, de Souverain-Pré et de Sains.

La Formation de La Famenne (FAM) présente des argilo-siltites et des siltites micacées (shales), localement interstratifiées de grès fins micacés en bancs pluricentimétriques et de lentilles calcaires. L'épaisseur est de l'ordre de la centaine de mètres dans le nord de la carte et augmente vers le sud.

La Formations d'Aye (AYE), de 120 à 130 mètres d'épaisseur, présente une succession irrégulière pluricentimétrique de schistes et de siltites ou de grès fins hétérogènes argileux bien stratifiés. Des nodules calcaires et des assemblages plurimétriques de bancs pluricentimétriques de grès micacés sont également présents dans cette formation.

La Formation d'Esneux (ESN) présente dans sa partie inférieure, épaisse de 90 mètres, des grès, des grès argileux micacés puis des grès calcaireux avec quelques lentilles calcaires. Dans sa partie moyenne, des schistes et des grès calcaireux ou argileux avec des lentilles calcaires se retrouvent sur 30 à 40 mètres. La partie supérieure est composée d'une alternance d'argilo-siltites et de grès argileux ou micacé sur une épaisseur de 120 mètres.

Ces deux formations d'Aye et d'Esneux (AE) ont été regroupées car elles ne se distinguent pas aisément sur le terrain.

La Formation de Souverain-Pré (SVP), d'une épaisseur d'environ 120 mètres, se caractérise par des schistes calcaireux à nodules pluricentimétriques de calcaires, puis par des calcaires argileux et noduleux entrecoupés par des grès micacés en bancs pluridécimétriques.

La Formations de Sains (SNS) est représentée par des dépôts à caractère argilo-silteux : grès, siltites, grès argileux, calcaire argileux, ...

III.2.1.2. Les formations du Mésozoïque

Aucune formation mésozoïque n'a été observée sur la carte 57/1-2 Sivry – Rance.

III.2.1.3. Les formations du Cénozoïque

III.2.1.3.1. Le Paléogène

Les formations du Paléogène ne sont pas clairement distinguées. Il s'agit principalement de dépôts argileux et sableux (SBL), probablement reliés à l'Yprésien, sous forme de lambeaux de sables grossiers associés à des argiles sableuses et des argiles. A certains endroits, quelques mètres d'argiles yprésiennes sont présents.

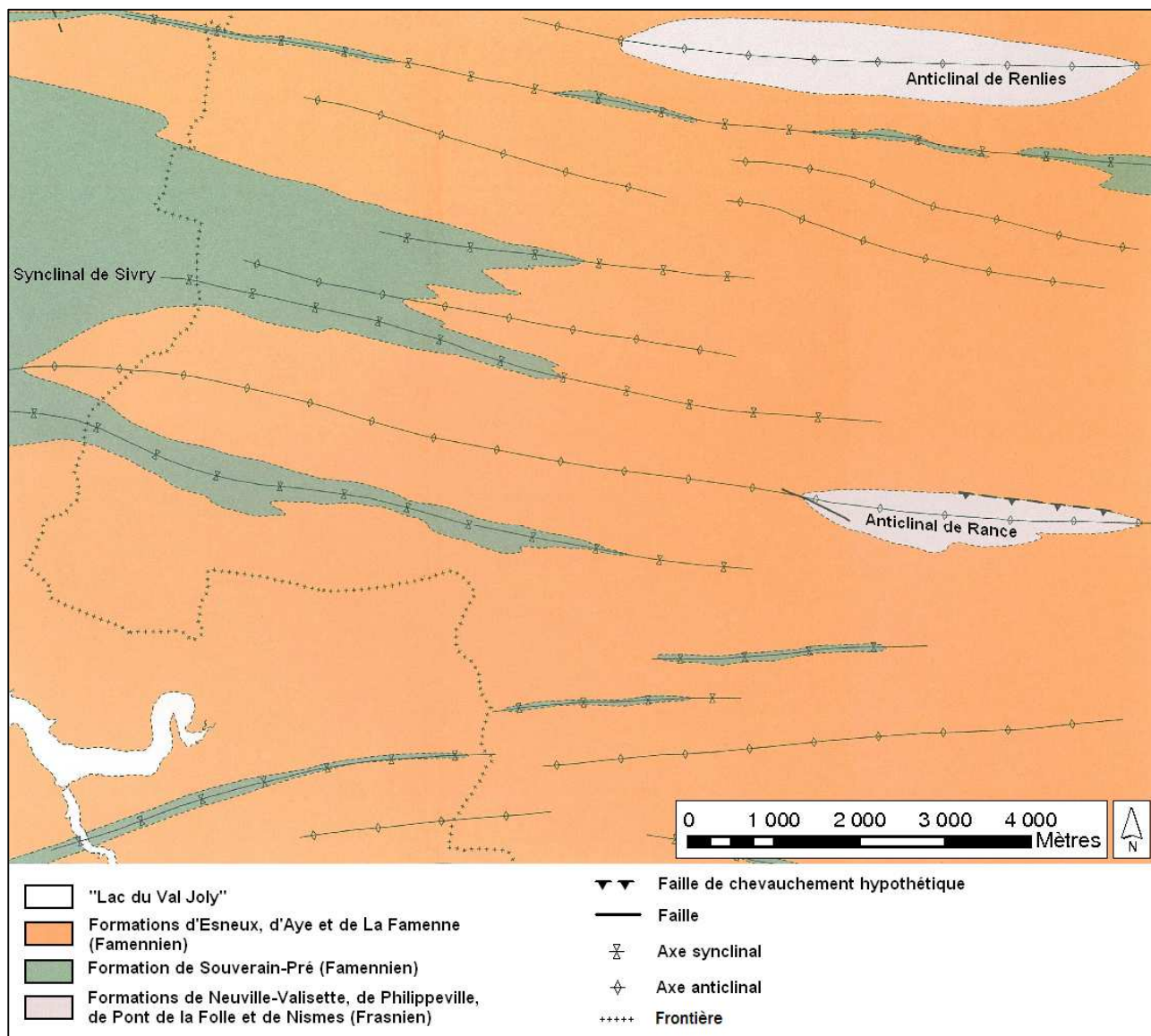
III.2.1.3.2. Le Quaternaire

Les alluvions modernes (AMO), constituées de limons argileux, de silts, de sables et de graviers, sont situées dans les fonds de vallée.

Les loess, dépôts (limons) d'origine éolienne, constituent les formations de couverture. Leur épaisseur est variable et souvent très faible. Ils n'ont pas été cartographiés.

III.2.2. Cadre structural

Le cadre structural régional est décrit de façon plus détaillée dans le livret explicatif de la carte géologique de Sivry – Rance (Marion & Barchy, 2004). Les éléments principaux sont résumés ci-dessous.



Ces deux unités sont caractérisées par des plis de styles différents résultant de la différence de lithologies et de la compétence* des roches.

La « dépression » de la Fagne – Famenne (qui couvre plus de 75 % de la carte) est composée de dépôts argileux, argilo-silteux, du Frasnien supérieur ainsi que des dépôts argilo-silteux du Famennien. La structure résultante est un ensemble de deux grands synclinaux (de taille kilométrique) déjetés à déversés vers le sud et d'orientation est-ouest. L'un d'eux est le Synclinal de Sivry, l'autre se situe un peu plus au sud. De nombreux plis secondaires compliquent cet ensemble. Ces plis peuvent atteindre plusieurs centaines de mètres, sont anisopaques** et de longueur d'onde variable.

La seconde unité constitue le prolongement occidental de l'anticlinorium de Philippeville. Sur la carte située directement à l'est (Froidchapelle – Senzeille 57/3-4 (Dumoulin & Marion, 1998)), le massif de Philippeville constitue un important dôme anticlinal complexe. Ce massif s'ennoie sous les dépôts famenniens en allant vers l'ouest. Sur la carte de Sivry – Rance, les formations frasniennes du Massif de Philippeville réapparaissent et affleurent dans de grands bombements anticlinaux (800 mètres pour la demi-longueur d'onde), ouverts, droits et d'orientation est-ouest. Ce sont les anticlinaux de Renlies et de Rance.

Cette structure complexe résulte d'un raccourcissement nord-sud lié à l'orogénèse varisque. Cette orogénèse a provoqué le charriage de l'allochtone ardennais (ou nappe du Condroz) sur l'unité située plus au nord, le Parautochtone brabançon, par le jeu de la faille du Midi.

* Compétence : Les roches et les couches compétentes sont moins déformables et donnent des plis à plus grand rayon de courbure par rapport aux roches plus déformables. Cela entraîne des disharmonies.

** Pli anisopaque : pli où l'épaisseur des couches varie, contrairement au pli isopaque.

IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE

IV.1. DESCRIPTION DES UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES

Les unités hydrogéologiques définies pour la carte 57/1-2 Sivry – Rance sont décrites ci-dessous dans l'ordre stratigraphique, de la plus ancienne à la plus récente. Elles sont reprises dans le Tableau IV-1 synthétique ainsi que dans le tableau de correspondance du poster A0 joint à la notice.

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 quantité exploitable ;
- Aquitard : formation géologique de nature plutôt peu perméable et semi-perméable dans laquelle l'écoulement se fait à une vitesse beaucoup plus réduite que dans un aquifère. Son exploitation est possible mais de productivité limitée ;
- Aquiclude : formation à caractère peu perméable, très faiblement conductrice d'eau souterraine, dont il n'est pas possible d'extraire économiquement des quantités d'eau appréciables.

Ces définitions assez subjectives sont à manipuler avec précaution. 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 les connaissances acquises sur le terrain (puits et forages) ou sur la description lithologique de ces unités (formations ou ensembles de formations).

Certaines formations géologiques voient leur faciès changer latéralement, il est donc possible qu'une même formation soit définie en terme d'aquifère sur une carte et en terme d'aquitard sur une autre carte (raisonnement pas carte).

Tableau IV-1. Tableau de correspondance ‘Géologie – Hydrogéologie’ de la région de Sivry – Rance

Ere	Système	Série	Etage	Formation	Membre	Abréviation	Lithologie	Hydrogéologie	
Cénozoïque	Quaternaire	Holocène				AMO	Alluvions modernes - graviers, sables	Aquifère alluvial	
	Paléogène					SBL	Sables, sables argileux, argiles	Aquifère des sables de remplissage	
Paléozoïque	Dévonien	Supérieur	Famennien	Sains		SNS	Schistes, argilo-siltites, siltites	Aquiclude du Famennien	
				Souverain-Pré		SVP	Schistes carbonatés à nodules calcaires, calcaires argileux et noduleux entrecoupés de grès et parfois de calcaires francs	Aquitard du Famennien	
				Esneux	Membre supérieur	AE	Alternances d'argilo-siltites et de grès argileux ou micacés		
					Membre moyen		Schistes, grès calcaireux ou argileux et lentilles calcaires		
					Membre inférieur		Grès et grès argileux micacés, grès calcaireux et minces lentilles calcaires		
				Aye			Alternances de siltites argileuses et de grès argileux		
				La Famenne		FAM	Argilo-siltites à rares intercalations gréseuses	Aquiclude du Famennien	
			Frasnien	Valisettes		NV	Schistes à nodules calcaires, monticules micritiques rouges (MM)	Aquiclude du Frasnien	Aquifère localisé
				Neuville			Calcaires argileux et noduleux, schistes à nodules calcaires, monticules micritiques rouges (MM)		
				Philippeville		PHV	Calcaires fins et calcaires massifs biostromaux fortement diaclasés et dolomitisés, et calcaires stratifiés	Aquifère des calcaires du Frasnien	
				Pont de la Folle	Machenées	FOL	Calcaires argileux dolomitisés et schistes à nodules calcaires		
					Fontaine Samart		Calcaires en bancs, lentilles de calcaires biostromales, dolomies		
			Nismes		NIS	Schistes, bancs calcaires à la base et au sommet	Aquiclude du Frasnien		

IV.1.1. L'aquiclude du frasnien

L'aquiclude du Frasnien regroupe les formations de Nismes (NIS), de Neuville et des Valisettes (NV). Ces formations sont principalement représentées par des schistes. De ce fait, les ressources en eau souterraine sont faibles et difficilement exploitables. Les horizons et nodules de calcaire présents dans le Frasnien supérieur (formations de Neuville et des Valisettes) constituent des niveaux aquifères négligeables parmi les schistes et les calcaires argileux. De plus, les moindres vides et fissures existants dans ces niveaux sont colmatés par la composante argileuse, réduisant fortement les circulations d'eau souterraine.

Au sein des formations de Neuville et des Valisettes, se trouvent des monticules micritiques rouges, calcaires, qui peuvent constituer de petits aquifères localisés. Cependant, le faible volume de ces monticules et l'environnement schisteux dans lequel ils se trouvent ne permet pas de les considérer comme des aquifères au sens strict. Il faut néanmoins signaler que l'exploitation ancienne des marbres rouges a laissé quelques carrières à ciel ouvert, aujourd'hui abandonnées et sous eau, procurant ainsi une réserve utilisable pour l'agriculture ou l'écologie locale (exemples : la carrière à Roc (ou Trou de Versailles), la carrière Fosset (ou La Marzelle), voir IV.6 Les carrières).

IV.1.2. L'aquifère des calcaires du Frasnien

L'aquifère des calcaires du Frasnien rassemble les formations du Pont de la Folle et de Philippeville. Ces deux formations ont une dominante calcaire importante. Ces calcaires se présentent en bancs massifs ou stratifiés, fortement dolomités et diaclasés. Ils peuvent ainsi, grâce à des phénomènes de karstification plus ou moins développés, constituer d'importantes réserves exploitables en eau souterraine.

Le Membre des Machénées (sommet de la Formation du Pont de la Folle), habituellement schisteux sur la carte voisine (57/3-4 Froidchapelle – Senzeille (Rekk & Hallet, 2010)), se caractérise par des calcaires argileux sur la carte de Sivry – Rance. Cette composante argileuse diminue la perméabilité des calcaires, sans toutefois empêcher la circulation de l'eau souterraine.

Cette unité hydrogéologique constitue le cœur des anticlinaux de Renlies et de Rance.

IV.1.3. L'aquiclude du Famennien

L'aquiclude du Famennien reprend la Formation de La Famenne et la Formation de Sains. Elles sont essentiellement constituées de schistes, d'argilo-siltites et de siltites, avec de rares intercalations gréseuses au sein de la Formation de La Famenne. Cette unité est donc particulièrement peu perméable et les rares intercalations de grès sont insuffisantes pour conférer une tendance perméable à l'aquiclude.

La Formation de La Famenne se trouve généralement autour des anticlinaux de Renlies et de Rance. La Formation de Sains affleure principalement dans la partie ouest de la carte, en grande partie sur le territoire français.

IV.1.4. L'aquitard du Famennien

L'aquitard du Famennien inclut les formations d'Aye, d'Esneux et de Souverain-Pré. Globalement, les roches qui constituent ces formations sont des argilo-siltites, des schistes, des grès argileux, des grès calcaires, des calcaires argileux et noduleux, des lentilles calcaires, ainsi que des calcaires francs karstifiés (pour la Formation de Souverain-Pré). Toutes ces roches sont en alternance avec des prédominances selon les formations. Ainsi, les niveaux aquifères, formés par les grès et les calcaires sont entrecoupés par des niveaux imperméables de schistes et d'argilo-siltites. Dès lors, l'unité hydrogéologique résultante possède des caractéristiques moyennes en ce qui concerne la possibilité d'exploitation de l'eau souterraine et est qualifiée d'aquitard. La Formation de Souverain-Pré est caractérisée par une tendance calcaire beaucoup plus importante et une perméabilité d'ensemble plus élevée.

Cette unité se trouve dans les zones en dépression de la Fagne – Famenne et occupe une grande partie de la carte.

IV.1.5. L'aquifère des sables de remplissage

Les dépôts d'âge tertiaire sont formés par des sables grossiers associés à des argiles sableuses et à des argiles. Leur conductivité hydraulique est fonction de la granulométrie, les zones sablo-graveleuses étant plus perméables que les zones argileuses. Il semble que les niveaux sableux et les niveaux argileux soient suffisamment bien distincts pour obtenir des niveaux aquifères localisés, isolés par des couches imperméables.

IV.1.6. L'aquifère alluvial

Les alluvions modernes, formées par des limons argileux, des silts, des sables et des graviers, constituent les premières nappes dans les vallées. Ces nappes superficielles sont très vulnérables aux pollutions.

IV.2. DESCRIPTION DE L'HYDROGÉOLOGIE RÉGIONALE

IV.2.1. Généralités

Au niveau hydrogéologique, la carte de Sivry – Rance est localisée au sein de la masse d'eau souterraine* RWM022 des « Calcaires et grès dévoniens du bassin de la Sambre » (voir Figure IV.1) (Brouyère *et al.*, 2009). La carte peut être subdivisée en deux zones correspondant aux unités morpho-structurales (voir Figure IV.2) :

- les anticlinaux de Renlies et de Rance, qui constituent le prolongement occidental de l'anticlinorium de Philippeville, après son ennoyage sous les dépôts fameniens ;
- la dépression de la Fagne – Famenne.

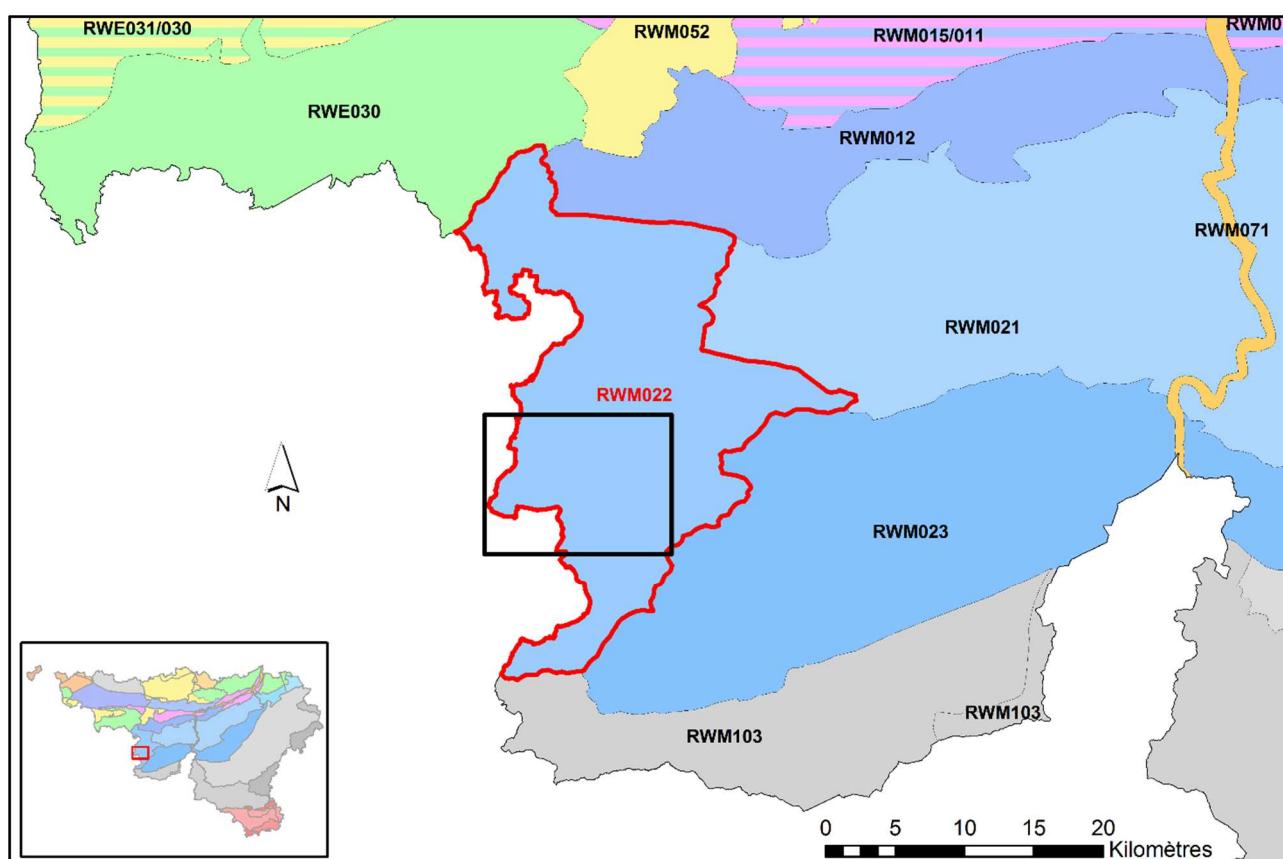


Figure IV.1. Localisation de la carte 57/1-2 Sivry – Rance par rapport aux masses d'eau souterraines (SPW-DGO3, 2013a)

* La notion de masse d'eau souterraine a été définie dans la directive cadre sur l'eau (2000/60/CE). Il s'agit d'une unité élémentaire adaptée à la gestion des eaux à l'intérieur des bassins hydrographiques à large échelle (districts hydrographiques). Une masse d'eau peut dès lors être définie comme un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères. La délimitation précise des masses d'eau souterraine est toujours susceptible d'évoluer en fonction de l'amélioration de la connaissance de certains aquifères insuffisamment caractérisés jusqu'à présent.

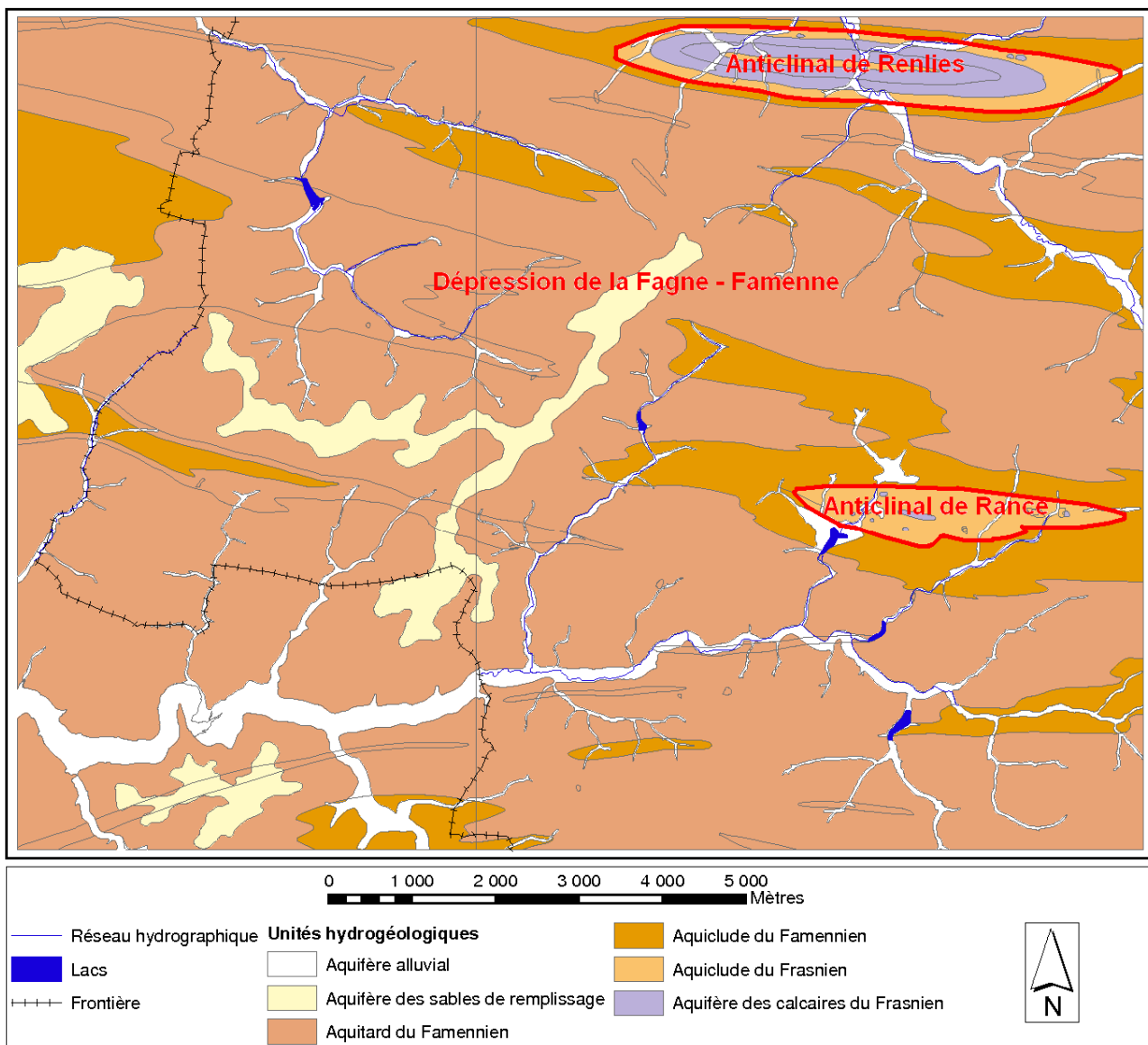


Figure IV.2. Ensemble des unités hydrogéologiques de la carte 57/1-2 de Sivry – Rance

IV.2.1.1. Anticlinaux calcaires de Renlies et de Rance

Les anticlinaux de Renlies et de Rance sont constitués des formations du Frasnien : Nismes, Pont de la Folle, Philippeville, Neuville et Valisettes. Les formations du Pont de la Folle et de Philippeville forment un aquifère calcaire, tandis que les formations de Nismes, de Neuville et des Valisettes forment les aquicludes schisteux. Dans ces deux dernières formations, il est possible de trouver quelques monticules micritiques, qui peuvent former des aquifères très localisés et de capacité limitée.

Dans cette configuration, les formations du Pont de la Folle et de Philippeville constituent l'intrados des anticlinaux de Renlies et de Rance. Dans l'anticlinal de Rance, ces formations calcaires sont protégées par les formations schisteuses sus-jacentes, qui jouent le rôle de barrière

peu perméable. Dans l'anticlinal de Renlies, les formations calcaires sont plus affleurantes et donc plus accessibles mais aussi plus vulnérables. C'est également dans l'anticlinal de Renlies que s'observent la majorité des phénomènes karstiques. Cet aquifère calcaire est limité à la base par la formation schisteuse de Nismes, peu perméable.

Les calcaires présentent aussi une grande perméabilité de fissures, associée à des phénomènes de karstification (voir IV.3 Phénomènes karstiques), assurant ainsi une conductivité hydraulique importante. Ces phénomènes sont accentués par des processus de dolomitisation qui rendent les roches pulvérulentes et poreuses.

Le réseau hydrographique semble peu influencé par les anticlinaux calcaires de Renlies et de Rance. Certains cours d'eau sont toutefois en contact avec les formations calcaires affleurantes de l'anticlinal de Renlies, où quelques pertes soulignent l'interaction « eau de surface – eau souterraine » dans cette zone.

IV.2.1.2. « Dépression » de la Fagne – Famenne

La dépression de la Fagne – Famenne occupe une grande partie de la carte 57/1-2 de Sivry – Rance. Elle est constituée par les formations de La Famenne, d'Aye, d'Esneux, de Souverain-Pré et de Sains. Les formations d'Aye, d'Esneux et de Souverain-Pré, à composantes schisto-gréseuses, ont été regroupées en aquitard du Famennien. Les formations de Sains et de La Famenne, principalement schisteuses, sont aquicludes. Elles forment des barrières hydrogéologiques très peu perméables. Cela est particulièrement le cas pour la Formation de La Famenne, située à la base de l'aquitard.

Les formations de la « dépression » de la Fagne – Famenne présentent une faible perméabilité et donc des écoulements souterrains relativement lents. Cela induit un ruissellement superficiel important vers un réseau hydrographique ramifié qui draine localement la nappe. Les principaux cours d'eau sont l'Eau d'Eppe, la Hante et la Thûre.

Les conductivités hydrauliques étant assez faibles, la nappe se trouve généralement à faible profondeur. Son niveau sous le sol n'excède pas une dizaine de mètres et sa surface est semblable à celle de la topographie. Le sens d'écoulement souterrain est imposé par le relief et est directement lié au réseau hydrographique. Par conséquent, les limites des bassins hydrogéologiques de la Dépression de la Fagne – Famenne correspondent approximativement à celles des bassins hydrologiques.

Dans ce contexte, les nappes d'eau souterraine contenues dans le sous-sol de la « dépression » de la Fagne – Famenne fournissent des réserves exploitables assez faibles (Brouyère *et al.*, 2009).

IV.2.2. Piézométrie de la carte 57/1-2 Sivry – Rance

Le relevé de la piézométrie de la planche Sivry – Rance consiste en la collecte d'un maximum de données hydrogéologiques. Les cotes piézométriques ponctuelles collectées apparaissent sur la carte principale du poster A0 et concernent différentes unités hydrogéologiques.

Etant donné la structure géologique relativement complexe de la région de Sivry – Rance et le caractère peu perméable des formations présentes, l'intérêt de tracer des isopièzes est faible. De plus, le peu de mesures disponibles rend le tracé de la piézométrie difficile à réaliser. Comme expliqué précédemment, le sens d'écoulement de la nappe est directement lié à la topographie et à celui du réseau hydrographique.

IV.2.2.1. Anticlinaux calcaires de Renlies et de Rance

Peu d'ouvrages atteignent l'aquifère des calcaires du Frasnien sur la carte 57/1-2 de Sivry – Rance. Seuls trois points, situés dans l'anticlinal de Renlies, permettent d'obtenir les valeurs ponctuelles du niveau piézométrique (voir Tableau IV-2). Au niveau de l'anticlinal de Rance, aucun ouvrage n'est suffisamment profond pour toucher l'aquifère des calcaires du Frasnien. Les cotes des niveaux d'eau ont été relevées durant une campagne de mesures réalisée en 2007 - 2008.

Tableau IV-2. Mesures piézométriques ponctuelles dans trois ouvrages de l'anticlinal de Renlies

Ouvrages	<i>FPMS13794</i> X = 142 991 Y = 97 679	<i>Puits Gauthier</i> X = 141 121 Y = 97 231	<i>Champs de la couture</i> X = 140 271 Y = 97 771
Type	Piézomètre	Puits Foré	Puits traditionnel
Profondeur (m)	15,2	25	11,45
Date de relevé	14/02/2008	04/10/2007	25/09/2008
Cote piézométrique (m)	198,4	188,8	210,6
Profondeur du niveau piézométrique (m)	9,6	11,2	4,35

IV.2.2.2. « Dépression » de la Fagne – Famenne

A titre indicatif et pour quelques puits établis dans l'aquitard du Famennien, le Tableau IV-3 donne, les cotes piézométriques, les dates des relevés, les localisations en coordonnées Lambert 1972 (en mètres), les profondeurs des puits et les profondeurs de la nappe par rapport à la surface du sol.

Tableau IV-3. Mesures piézométriques ponctuelles dans l'aquitard du Famennien

Ouvrages	<i>Bois de Tout Vent P2</i> X = 135 035 Y = 93 095	<i>Ferme de Frasies</i> X = 136 576 Y = 96 725	<i>Puits Naveau</i> X = 138 854 Y = 95 589	<i>Rance</i> X = 143 962 Y = 92 893	<i>Bois Saint Georges</i> X = 141 850 Y = 88 850	<i>La Fagne</i> X = 139 047 Y = 89 051	<i>La Fagne 6</i> X = 142 326 Y = 89 645
Type	Puits foré	Puits foré	Puits foré	Puits foré	Puits foré	Puits foré	Puits traditionnel
Profondeur (m)	20	104	23,5	100	9,83	35	7,94
Date de relevé	16/06/2013	06/03/2008	12/02/2008	29/09/2008	19/08/2008	15/10/2007	26/06/2012
Cote piézométrique (m)	241,1	213,9	249,9	243,8	255,9	228,77	251,3
Profondeur du niveau piézométrique (m)	4,98	6,08	5,13	14,21	4,56	18,23	3,7

Les ouvrages « La Fagne 6 » et « Bois de tout vent P2 » ont été suivis depuis la première version de cette notice (2007) et sont présentés ci-dessous.

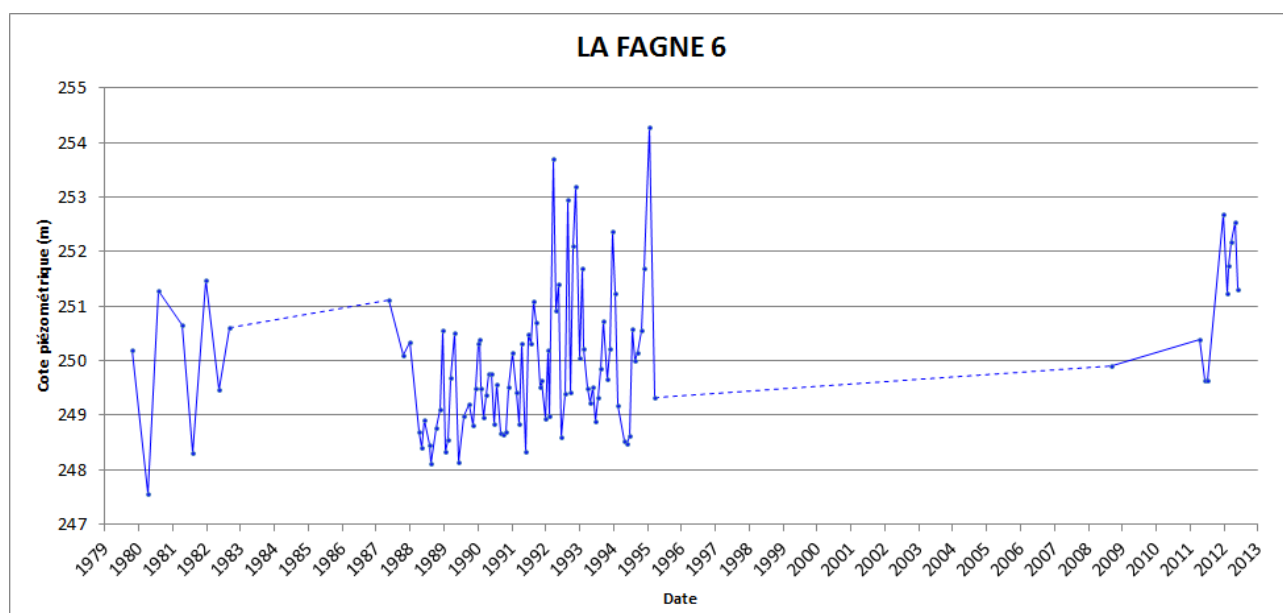


Figure IV.3. Evolution piézométrique de l'ouvrage « La Fagne 6 », établi dans l'aquitard du Famennien

L'ouvrage dénommé « La Fagne 6 », implanté dans l'aquitard du Famennien, donne l'évolution piézométrique de 1979 à nos jours (Figure IV.3), avec des périodes d'interruptions de relevé entre 1982 et 1987 puis entre 1995 et 2008. Entre 1988 et 1995, le nombre de mesures est suffisant pour visualiser plus précisément l'évolution piézométrique légèrement croissante.

Entre 1979 et 1996, le niveau a fluctué sur 7 mètres. Les niveaux d'eau les plus élevés ont été mesurés pendant les années 1992 et 1995. La moyenne piézométrique se situe à 250 mètres.

De manière générale et compte tenu des faibles volumes prélevés, le niveau de la nappe est stable et les fluctuations sont liées à la réalimentation saisonnière.

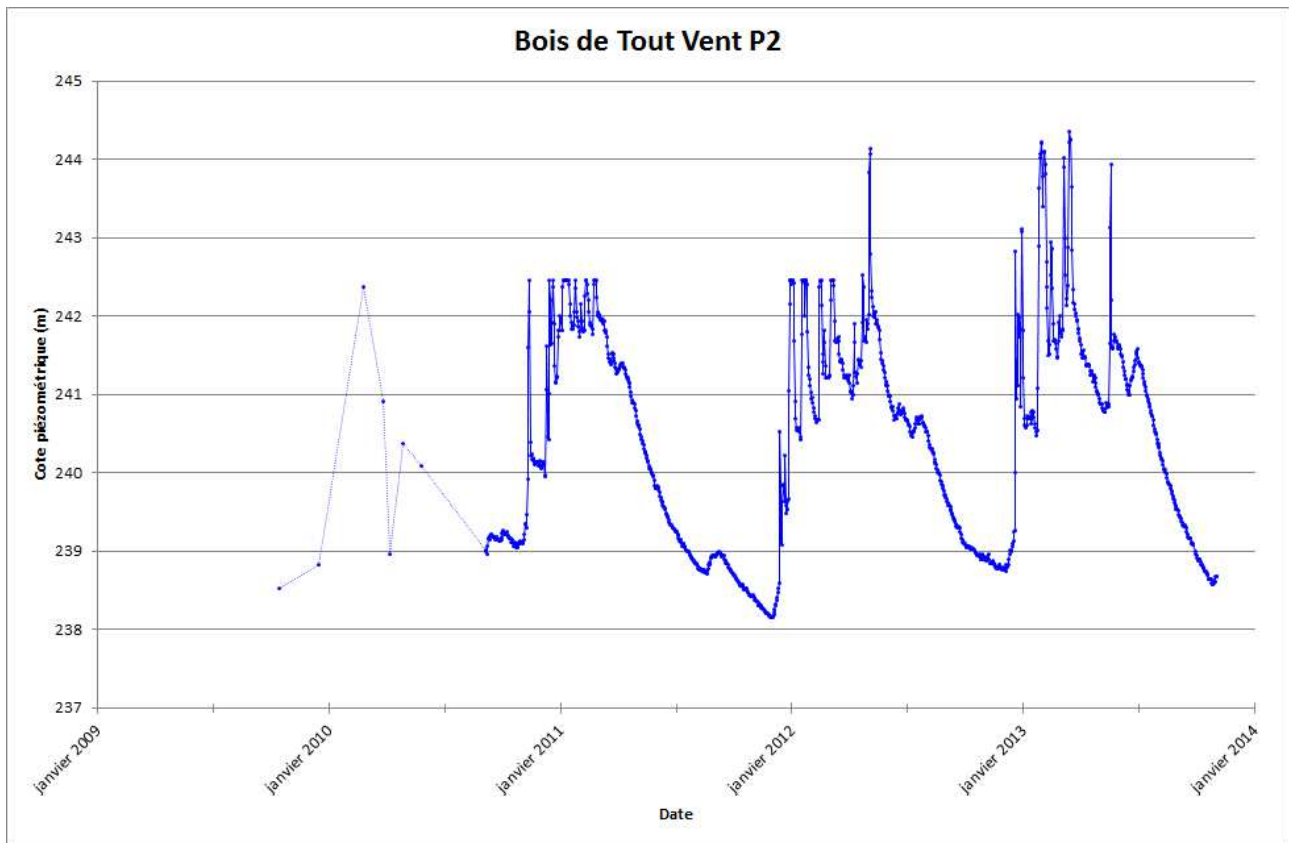


Figure IV.4. Evolution piézométrique du piézomètre « Bois de Tout Vent P2 », établi dans l'aquitard du Famennien

Le piézomètre « Bois de Tout Vent P2 » a d'abord été suivi manuellement, jusque fin 2010. Ensuite, un système de mesure automatique a été installé et assure désormais le suivi piézométrique journalier. L'ensemble de ces mesures est disponible et accessible via le site internet Piez'Eau^{*} (SPW-DGO3, 2013b). Cet ouvrage est suivi depuis 2008. Les variations saisonnières se remarquent aisément : hautes eaux de décembre à mai, puis une diminution progressive le reste de l'année d'environ 4 mètres jusqu'en novembre. Pendant la période de hautes eaux, des petites variations de 1 à 2 mètres se font sentir suivant l'importance des précipitations.

^{*} Réseau piézométrique de la Direction des Eaux souterraines : <http://piezo.environnement.wallonie.be>

IV.3. PHÉNOMÈNES KARSTIQUES

Sur la carte 57/1-2 de Sivry – Rance, quelques phénomènes karstiques sont observés dans l'anticlinal de Renlies (De Broyer *et al.*, 1996). Il s'agit par ailleurs du seul endroit de la carte où des formations carbonatées d'âge frasnien sont à l'affleurement.

Les phénomènes karstiques visibles dans l'anticlinal de Renlies sont décrits ci-après. Ils se situent près du lieu-dit Chaud Bassin, et au sud des Carrières Fleuries (nord-est de la carte). Outre ces phénomènes visibles en surface, des zones karstifiées rencontrées en forage, ont été signalées.

IV.3.1. Système karstique de Chaud Bassin

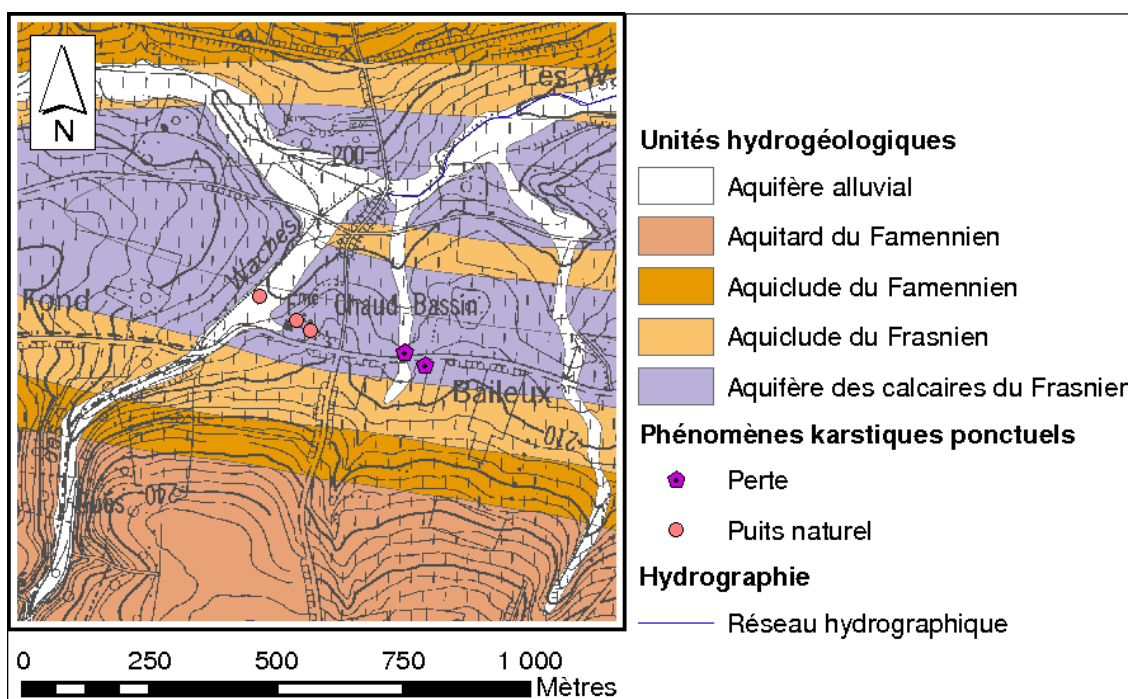


Figure IV.5. Système karstique de Chaud Bassin

Le système karstique de Chaud Bassin compte deux pertes, une doline et deux abris* (voir Figure IV.5). Il s'agirait d'un système endokarstique.

L'adugeoir de la ferme Chaud Bassin (chantoir temporaire) est une perte se situant au cœur d'une petite dépression. Aucun écoulement n'a été observé, mais le sol y est boueux. Cette dépression est envahie par la végétation.

La perte du Chaud Bassin est une perte située face à l'adugeoir de la ferme Chaud Bassin. Cette perte se trouve au centre d'une petite dépression boueuse d'un mètre de profondeur.

* Abri : Caverne peu profonde dans un escarpement rocheux (Foucault & Raoult, 2005)

La dépression de Chaud Bassin est un effondrement situé dans une prairie, à trois mètres du ruisseau et dans l'axe d'un vallon sec. Cet effondrement, très probablement lié à une circulation d'eau souterraine, est apparu durant l'hiver 1994-1995.

A une centaine de mètres de cette dépression, se trouve un ancien site d'extraction de calcaires et de dolomies de la Formation de Philippeville, où l'on peut observer un abri préhistorique principal et un abri préhistorique secondaire de Chaud Bassin. Le premier a été mis à jour par l'ancienne activité extractive (alimentant l'ancienne fonderie de Beaumont). Situé à la base d'un affleurement calcaire de six mètres de haut, cet abri triangulaire de quatre mètres de haut, se termine sur des éboulis et des remblais. Le second s'étire sur quatre mètres de long à la base de la paroi calcaire de l'ancien site d'extraction. Il s'agit d'une petite galerie de 0,5 mètre de haut, pénétrable sur plusieurs mètres.

IV.3.2. Effondrements de Renlies

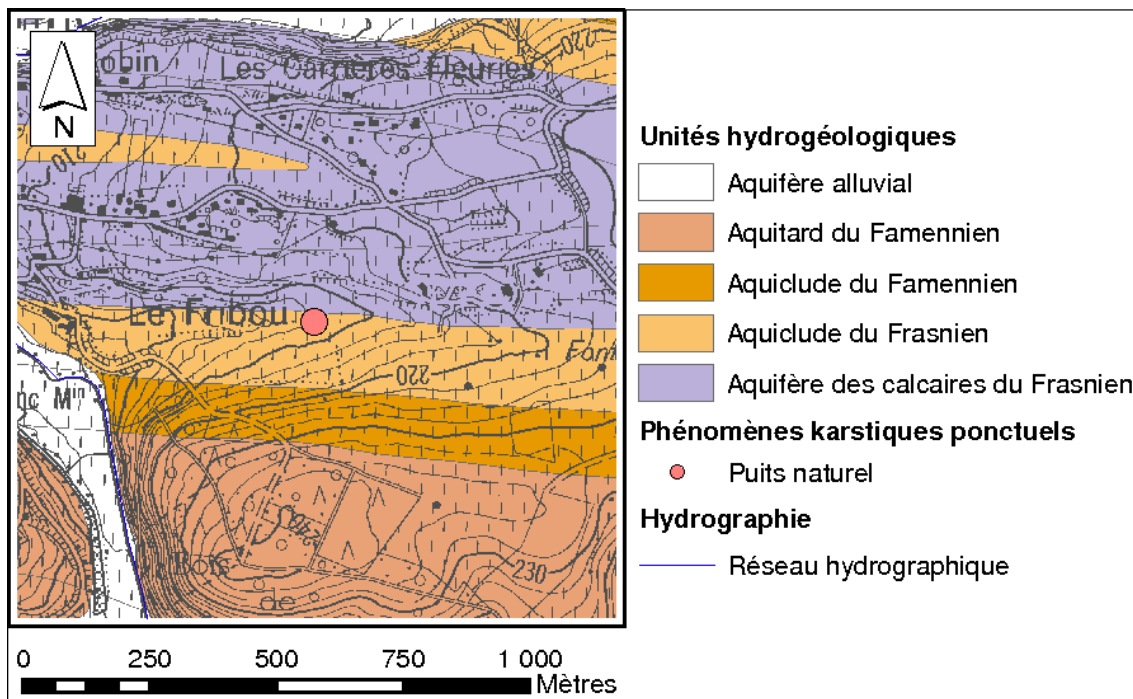


Figure IV.6. Effondrements de Renlies

Les effondrements de Renlies (voir Figure IV.6) sont des affaissements de terrain, probablement liés à la dissolution des calcaires sous-jacents. Ces effondrements forment une dépression de forme allongée située en pleine prairie. Cette dépression a été remblayée.

IV.4. COUPES HYDROGÉOLOGIQUES

Afin de mieux visualiser et de mieux comprendre la structure géologique et le comportement hydrogéologique des différentes unités présentes dans la région de Sivry – Rance, quatre coupes hydrogéologiques (dont deux avec exagération des hauteurs d'un facteur 5) ont été insérées dans le poster A0 joint à cette notice. Le trait A – A' se situe dans la moitié ouest de la carte. Il débute en France, dans la forêt communale d'Eppe-Sauvage (A), passe par Le Grimont, Le Mont Rosé à l'ouest de Sivry-Rance, et se termine au nord de Le Blocus (A'). Le trait B – B' se situe dans la moitié est de la carte. Il commence près d'Ostène (B), traverse Rance et Bonicourti, et se termine au nord des Carrières Fleuries de Renlies (B').

Ces coupes sont calées sur les coupes géologiques tracées par Marion & Barchy (2004) sur la carte géologique. Elles montrent la géologie (structure et lithologie) et l'hydrogéologie (unités hydrogéologiques) de la zone cartographiée. Elles ont été tracées perpendiculairement aux structures montrant les unités hydrogéologiques en séries plissées.

La coupe A – A' montre principalement l'aquitard du Famennien (avec les formations d'Aye, d'Esneux et de Souverain-Pré). Au nord de cette coupe, l'aquiclude Famennien (représenté par la Formation de La Famenne), constituant la base de l'aquitard, affleure au cœur d'un anticlinal. La Formation de Souverain-Pré n'apparaît que localement dans le synclinal de Sivry, sur une épaisseur n'excédant pas 100 mètres.

La coupe B – B' expose une partie de l'aquitard du Famennien et de l'aquiclude du Famennien, les formations de Neuville et des Valisettes de l'aquiclude du Frasnien, ainsi que les formations de Philippeville et du Pont de la Folle de l'aquifère des calcaires du Frasnien. Ce dernier se situe au cœur des anticlinaux de Renlies et de Rance. La coupe montre que les flancs de ces anticlinaux sont fortement plongeants.

IV.5. CARACTÈRE DES NAPPES

Les nappes contenues dans les formations de la carte 57/1-2 de Sivry – Rance sont considérées comme libres. Elles se trouvent soit à l’affleurement, soit sous une couverture perméable à semi-perméable (sous les sables de remplissage et les alluvions). Cette situation peut entraîner une certaine sensibilité à la pollution.

IV.6. LES CARRIÈRES

La carrière à Roc (appelée aussi Trou de Versailles), située à Rance, est célèbre par ses calcaires rouges qui ont contribué à la décoration du Palais de Versailles. Elle a été exploitée par la société « *Marbre, Pierre et Granite (M.P.G.)* » jusqu’en 1952. En septembre 1982, cette carrière a été vidée temporairement, ce qui a permis de faire des observations et de dater ce site à l’aide de Conodontes, Rugueux et Tabulés (Biron *et al.*, 1983). Lors de l’exhaure, des paramètres hydrodynamiques ont également pu être déterminés (voir VII. Paramètres d’écoulement).

D’autres carrières, comme la carrière Fosset (appelée aussi La Marzelle) à Rance, ont été exploitées anciennement. Elles sont toutes abandonnées depuis longtemps et ne figurent pas sur la carte principale du poster A0).

V. CADRE HYDROCHIMIQUE

Aucune campagne particulière d'analyses chimiques n'a été organisée dans le cadre de la réalisation de la carte hydrogéologique. Ce chapitre reprend les données existantes dans la base de données de la BD Hydro, alimentée par les résultats fournis par les sociétés publiques de distribution d'eau et/ou publiées à l'occasion d'études particulières (protection des captages,...). Les sites pour lesquels des analyses chimiques sont disponibles ont été reportés sur la carte thématique au 1/50 000 « *Carte des informations complémentaires et des caractères des nappes* » du poster A0 qui accompagne cette notice. A partir de ces données disponibles, il a été possible de caractériser l'hydrochimie de l'aquitard du Famennien. Dû à un manque de données, les autres unités hydrogéologiques ne le sont pas.

En Région Wallonne et depuis son entrée en vigueur, le Code de l'Eau (le 3 mars 2005) a intégré les anciens textes réglementaires (décrets et articles). L'arrêté relatif aux valeurs paramétriques applicables aux eaux destinées à la consommation humaine (Arrêté du Gouvernement Wallon du 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.

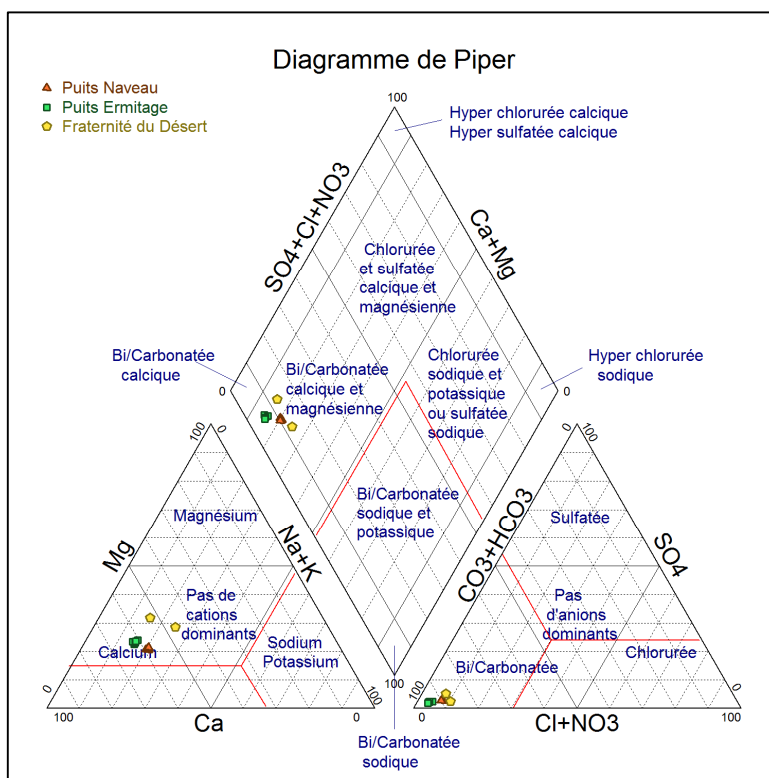


Figure V.1. Diagramme de Piper reprenant les analyses chimiques de trois ouvrages de la carte de Sivry – Rance

V.1. CARACTÉRISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

V.1.1. Aquitard du Famennien

Les analyses concernent trois ouvrages situés dans l'aquitard du Famennien. La carte disponible à l'Annexe 2 donne la localisation de ces ouvrages privés. Les « puits Naveau » et « Puits Ermitage » se situent en prairie et le puits de la « Fraternité du Désert » (appartenant à la Ferme de l'Abbaye de Scourmont SA) est localisé en zone forestière. Les analyses ont été réalisées le 03 septembre 2012 (voir Tableau V-1).

Tableau V-1. Analyse chimique (année 2012) des puits Naveau, Ermitage et Fraternité du Désert et valeurs seuil RW du Code de l'Eau

Ouvrage			Puits Naveau (03/09/2012)	Puits Ermitage (03/09/2012)	Fraternité du Désert (03/09/2012)
pH	unités pH	6,5 à 9,45	6,88	7,5	7,24
Conductivité	µS/cm à 20°C	2500	313	274	664
Turbidité	NTU	4	4,37	8,03	5,54
Dureté totale	° français	67,5	14,3	13,9	28
Oxygène dissous (in-situ)	mg/l O ₂		2,65	2,3	2,14
Alcalinité totale (TAC)	° français		15,5	15,3	32,2
Aluminium	µg/l Al	200	< 20	76	23
Calcium	mg/l Ca	270	42	40	70
Magnésium	mg/l Mg	50	9,3	9,3	26
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	0,07	0,08	0,22
Manganèse	µg/l Mn	50	1030	383	108
Sodium	mg/l Na	200	16,2	10,4	40
Potassium	mg/l K		1,1	2	5,8
Fer (sur filtré 0,4 µ)	µg/l Fe	200	- (288 en 09/2009)	- (9,5 en 09/2009)	- (317 en 09/2009)
Sulfates	mg/l SO ₄	250	9	6	35
Chlorures	mg/l Cl	250	18	8	39
Nitrates	mg/l NO ₃	50 ⁽¹⁾	- (0,1 en 03/2009)	- (0,6 en 04/2012)	- (0,4 en 06/2006)
Nitrites	mg/l NO ₂	0,5	- (LQ ⁽²⁾ en 06/2006)	- (0,029 en 03/2009)	- (LQ en 06/2006)
Silice	mg/l SiO ₂		- (21 en 04/2012)	20	13
Oxydabilité (KMnO ₄)	mg/l O ₂	5	0,9	- (1,2 en 04/2012)	< 0,9

Sauf (1) : Norme de qualité européenne - (2) LQ signifie Limite de Quantification, - est noté en l'absence de résultat

De manière générale, les eaux analysées sont de type bicarbonaté calcique (voir Figure V.1). Elles présentent une minéralisation faible à moyenne (faible conductivité électrique) et une faible teneur en calcium, inférieure à 70 mg/l. Comparativement aux « Puits Naveau » et « Puits Ermitage », le puits de la « Fraternité du Désert » capte de l'eau se trouvant dans des niveaux plus carbonatés. Les teneurs en calcium et en magnésium, la conductivité et la dureté sont plus élevées et la teneur en silice est plus faible.

La turbidité représentant les particules (argiles, limons, matières organiques, colloïdes) est relativement élevée et dépasse la valeur seuil dans les trois puits. La concentration en oxygène

dissous dans l'eau est assez élevée (le niveau guide étant fixée à 10 mg/l), ce qui indiquerait des eaux de faible profondeur.

Le fer et le manganèse sont présents naturellement dans les sols. Ils proviennent en grande partie de l'altération des roches et peuvent se retrouver dissous dans les eaux souterraines à des concentrations très variables.

Les teneurs en nitrates et nitrites sont très faibles. Cela peut être expliqué par une utilisation peu intensive de produits de fertilisations dans la région de Sivry – Rance, essentiellement couverte par des prairies et forêts.

Lors d'une étude d'incidences pour un projet non abouti de CET, des analyses chimiques ont aussi été réalisées sur deux piézomètres forés « Bois de Tout Vent P1 » et « - P5 » (voir VII. Paramètres d'écoulement). Ces deux ouvrages sont situés en zone boisée, sur le site du Bois de Tout Vent, au sud de Sivry – Rance. La description des forages a montré que le P5 traverse la Formation de Souverain-Pré, tandis que P1 reste dans les formations d'Aye et d'Esneux. La Formation de Souverain-Pré a une composante nettement plus calcaireuse que celle d'Aye et Esneux. Les analyses ont été effectuées en août 1997 (voir Tableau V-2).

Tableau V-2. Analyses chimiques (année 1997) des puits P1 et P5, forés dans le cadre de l'étude d'incidences de projet de CET et valeurs seuil RW du Code de l'Eau

Paramètres, Unités et Valeurs Seuil RW		Ouvrage		
			Bois de Tout Vent P1 (05/08/1997)	Bois de Tout Vent P5 (05/08/1997)
pH	unités pH	6,5 à 9,42	6,44	6,31
Conductivité	µS/cm à 20°C	2500	185	293
Turbidité	NTU	4	-	-
Dureté totale	° français	67,5	8,1	15,5
Oxygène dissous (in-situ)	mg/l O ₂		0,8	5,6
Alcalinité totale (TAC)	° français		-	-
Aluminium	µg/l Al	200	0,001	1
Calcium	mg/l Ca	270	26,1	64,2
Magnésium	mg/l Mg	50	6,6	4,2
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	0,06	0,04
Manganèse	µg/l Mn	50	50	1
Sodium	mg/l Na	200	8,5	5,9
Potassium	mg/l K		0,6	0,5
Fer (total) dissous	µg/l Fe	200	< 1	< 1
Sulfates	mg/l SO ₄	250	22,8	13,7
Chlorures	mg/l Cl	250	9,3	8,3
Nitrates	mg/l NO ₃	50 ⁽¹⁾	0,56	0,90
Nitrites	mg/l NO ₂	0,5	< 0,001	< 0,001
Silice	mg/l SiO ₂		-	-
Oxydabilité (KMnO₄)	mg/l O ₂	5	-	-

Sauf (1) : Norme de qualité européenne

Dans l'ensemble, ces eaux sont faiblement minéralisées avec des conductivités inférieures à 300 µS/cm. Elles sont de type bicarbonatée calcique (Chabot, 1997) (voir Figure V.1).

Une autre analyse chimique a été effectuée en octobre 1982 sur l'eau de la carrière à Roc à Rance, située dans les calcaires du Frasnien. Bien que ces résultats soient comparés avec les normes actuelles, il faut d'insister sur le fait que cette analyse date de plus de 30 ans et que les méthodes ont évoluées. Ces mesures sont donc données à titre indicatif (voir Tableau V-3) et doivent être interprétées avec précaution.

Tableau V-3. Analyses chimiques (année 1982) de l'eau de la carrière à Roc à Rance et valeurs seuil RW du Code de l'Eau

Paramètres, Unités et Valeurs Seuil RW		Ouvrage	
		Carrière à Roc X = 145 062 Y = 92 208	
pH	unités pH	6,5 à 9,42	7,82
Conductivité	µS/cm à 20°C	2500	
Turbidité	NTU	4	
Dureté totale	° français	67,5	19
Oxygène dissous (in-situ)	mg/l O ₂		
Alcalinité totale (TAC)	°français		
Aluminium	µg/l Al	200	
Calcium	mg/l Ca	270	51
Magnésium	mg/l Mg	50	15
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	1,35
Manganèse	µg/l Mn	50	460
Sodium	mg/l Na	200	
Potassium	mg/l K		
Fer (total) dissous	µg/l Fe	200	860
Sulfates	mg/l SO ₄	250	6,72
Chlorures	mg/l Cl	250	14
Nitrates	mg/l NO ₃	50 ⁽¹⁾	4,1
Nitrites	mg/l NO ₂	0,5	
Silice	mg/l SiO ₂		
Oxydabilité (KMnO₄)	mg/l O ₂	5	

Sauf (1) : Norme de qualité européenne

Sur cette carte, on notera l'existence de deux captages destinés à la distribution publique d'eau potable de la Régie des eaux de Chimay « La Fagne 2 » et « La Fagne 3 ». Toutefois, n'étant plus exploités, les analyses physico-chimiques de ces prises d'eau ne sont pas disponibles.

V.2. PROBLÉMATIQUE DES NITRATES

Les nitrates font, depuis plusieurs années, l'objet de contrôles réguliers de la part des sociétés de distribution d'eau. La norme européenne est de 50 mg de nitrates (NO₃) par litre d'eau au maximum. Pour protéger les eaux de surface et souterraines de la pollution par les nitrates, six « zones vulnérables » ont été désignées par arrêtés ministériels (voir Figure V.2). Depuis novembre 2012, certaines zones ont été revues et étendues (Pays de Herve et Sud Namurois). Cette désignation implique l'application d'un programme d'action précis dont les mesures ont été arrêtées dans le Programme de Gestion Durable de l'Azote en agriculture (PGDA)* Un réseau de surveillance mis en place par le SPW permet de suivre les teneurs en nitrates et d'évaluer de manière cohérente et complète l'état des ressources en eau souterraines (SPW-DGO3, 2013a).

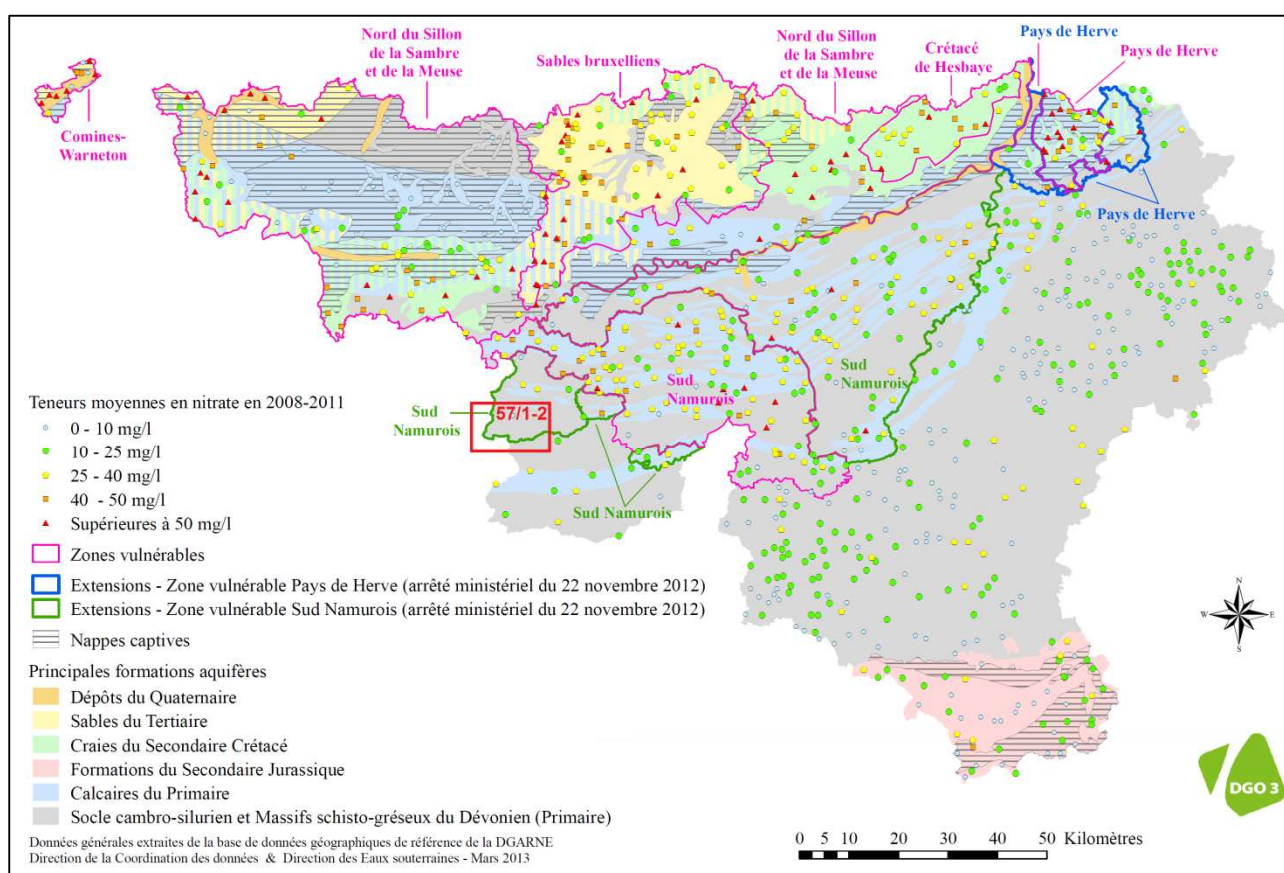


Figure V.2. Zones vulnérables aux nitrates arrêtées en Wallonie (SPW-DGO3, 2013a) et localisation de la carte 57/1-2 Sivry – Rance

Le Tableau V-1 et Tableau V-2 montrent pour les cinq ouvrages « Puits Naveau », « Puits Ermitage », « Fraternité du Désert », « Bois de Tout Vent P1 » et « - P2 »), implantés dans l'aquifère

* Livre II du Code de l'Environnement contenant le Code de l'Eau, Version Coordonnée, arrêté par le Gouvernement Wallon – articles R188 à R232.

<http://environnement.wallonie.be/legis/Codeenvironnement/codeeaucoordonne.htm>

Le site www.nitrawal.be peut également être consulté.

du Famennien, une faible concentration en nitrates et nitrites. Les trois points d'observations étant suffisamment éloignés, il semble que l'aquitard du Famennien soit peu affecté par des problèmes de concentrations élevées en nitrates. Toutefois, depuis novembre 2012, la zone vulnérable du Sud Namurois a été étendue et reprend désormais la majeure partie nord de la carte de Sivry – Rance (voir Figure V.2).

V.3. QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE

Le Tableau V-4 montre les analyses bactériologiques pour le « Puits Naveau », le « Puits Ermitage » et le puits de la « Fraternité du Désert ».

Tableau V-4. Analyses bactériologiques (année 2012) des puits Naveau et Ermitage et valeurs seuil RW du Code de l'Eau

Ouvrages		Valeurs Seuil	Puits Naveau (03/09/2012)	Puits Ermitage (03/09/2012)	Fraternité du Désert (03/09/2012)
Germes totaux à 22°C	Nbre/100ml		- (2 en 09/2009)	- (190 en 09/2009)	- (72 en 09/2009)
Germes totaux à 36°C	Nbre/100ml		22	360	- (11 en 04/2012)
Coliformes totaux	Nbre/100ml	0	280	50	2
Escherichia Coli	Nbre 100ml	0	-	1	-
Entérocoques	Nbre/100ml	0	2	- (1 en 09/2009)	-

La présence de germes après incubation ainsi que de coliformes totaux ont été observés. La présence de germes non pathogènes nécessite généralement partout un traitement par chloration préalable.

V.4. AUTRES PARAMÈTRES

Les pesticides sont régulièrement contrôlés au niveau des captages de distribution publique et des exploitations agricoles. Plusieurs directives européennes ont été mise en place pour protéger le consommateur. Les directives 91/414/CEE et 98/8/CEE, relatives à la mise sur le marché, respectivement, des pesticides à usage agricole et des biocides, ont été transposées en droit belge par les arrêtés royaux des 28 février 1994 et 22 mai 2003. D'autres substances sont également contrôlées, tels des hydrocarbures, les métaux lourds...

Les teneurs en pesticides (Atrazine, Diuron, Bromacile, etc.) ont été mesurées sur les « Puits Naveau », « Puits Ermitage » et « Fraternité du Désert », ainsi que « Bois de Tout Vent P1 » et « P5 » dans le cadre de l'étude d'incidence. Elles sont toutes inférieures à 10 ng/l, quel que soit le type de pesticide. Ces concentrations très faibles semblent indiquer que ces produits sont peu ou pas utilisés dans le voisinage de ces ouvrages, situés en prairie et en zone boisée.

VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES

Sur la carte thématique de Sivry – Rance « Carte des volumes prélevés » au 1/50 000, tous les ouvrages recensés et existants en novembre 2012, sans distinction de nature, ont été reportés (puits, piézomètres, puits sur galerie par gravité, sources, ...). Un symbolisme différent est attribué selon l'unité hydrogéologique dans laquelle est établi l'ouvrage. Sa couleur correspond à celle de l'aquifère atteint.

Pour les ouvrages de prise d'eau dont le débit est connu, des pastilles rouges (pour les sociétés de distribution d'eau) ou vertes (pour les industriels ou particuliers) de diamètre proportionnel au débit prélevé ont été utilisées comme indicateur. Les données représentées par des pastilles pleines sont les dernières disponibles et datent de l'année 2011.

Les données sont extraites de la base de données de la Région Wallonne (BD Hydro). L'encodage des volumes d'eau prélevés n'est cependant pas complet. Ceci concerne principalement les petits exploitants et donc les petits volumes (inférieur à 3 000 m³/an). En effet, les puits domestiques ou des agriculteurs ne sont pas tous pourvus d'un compteur.

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 la production. La présentation des volumes moyens prélevés sur la « Carte des volumes prélevés » correspond à la moyenne des cinq dernières années (2007-2011) (basés sur les déclarations des titulaires de prise d'eau). Ces volumes moyens prélevés sont symbolisés par des cercles de couleur bleue (diamètre proportionnel au débit prélevé). 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.

La carte de Sivry – Rance mentionne deux captages de la Régie des Eaux de Chimay « La Fagne 2 » et « La Fagne 3 ». Le premier n'est plus en activité depuis 1990. Le second ne semble pas avoir été exploité. Il n'existe donc pas de donnée de volumes prélevés pour ces deux ouvrages. Aucune autre société de distribution publique d'eau potable ne possède de captage sur cette carte.

En 2011, un seul puits a prélevé un volume de 2 330 m³ dans l'aquifère des calcaires du Frasnien de l'anticlinal de Renlies, six ouvrages ont capté un volume d'environ 15 000 m³ dans l'aquitard du Famennien et deux ouvrages ont prélevé 2 400 m³ environ dans l'aquiclude du Famennien. Les nappes y sont donc peu sollicitées

Entre 2006 et 2011, le volume moyen prélevé dans l'aquifère des calcaires du Frasnien de l'anticlinal de Renlies a été de 2 450 m³/an (par un seul puits). Dans l'aquitard du Famennien, le volume moyen prélevé a été de 28 040 m³/an (par 16 ouvrages). Huit ouvrages ont capté 7 114 m³/an dans l'aquiclude du Famennien et deux ouvrages ont prélevé un total de 3 316 m³/an dans l'aquifère des sables de remplissage.

VII. PARAMETRES D'ECOULEMENT

Les essais de pompage sont des tests fréquemment réalisés sur les forages et puits de captage dans divers types d'études (zones de prévention, études de risques ou d'incidence, nouveaux captages,...). Ils visent à quantifier les paramètres qui régissent la circulation des eaux souterraines dans le sous-sol. Pour les principaux, il s'agit de la conductivité, de la transmissivité et du coefficient d'emmagasinement.

La conductivité hydraulique K , exprimée en $[m/s]$: est la propriété d'un corps, d'un milieu solide – notamment un sol, une roche – à se laisser traverser par un fluide, notamment l'eau, sous l'effet d'un gradient de potentiel.

La transmissivité T , exprimée en $[m^2/s]$: est la propriété d'un aquifère à être traversé par l'eau sur toute sa hauteur. Elle exprime le débit d'eau qui s'écoule, par unité de largeur L et sur toute l'épaisseur e d'un aquifère, sous l'effet d'une unité de gradient hydraulique i . Par simplification, la transmissivité est souvent exprimée comme étant égale au produit de la conductivité hydraulique K par l'épaisseur e de l'aquifère (Castany, 1998).

Le coefficient d'emmagasinement S [sans dimension] exprime le rapport du volume d'eau libéré ou emmagasiné, par unité de surface de l'aquifère, à la variation de charge hydraulique correspondante (Castany, 1998). Dans le cas d'une nappe libre, sa valeur se rapproche de celle de la porosité efficace.

Peu exploités, les aquifères présents sur la carte ont fait l'objet de peu d'investigations hydrogéologiques. Les études existantes sont résumées ci-après, par unités hydrogéologiques.

VII.1. L'AQUITARD DU FAMENNIEN

En 1997, une étude d'incidence sur l'implantation éventuelle d'un centre d'enfouissement technique sur le site du Bois de Tout Vent à Sivry – Rance a été réalisée. Ce site est implanté dans l'aquitard du Famennien. Cette étude a été effectuée pour la SPAQuE, par le bureau d'études Groupe Team (Chabot, 1997).

Des essais de pompage ont notamment été réalisés sur plusieurs piézomètres implantés pour les besoins de l'étude. Une brève présentation du déroulement des essais, les résultats importants, les caractéristiques hydrodynamiques et les conclusions relatives à ces essais de pompage sont présentés ci-dessous.

Les piézomètres « Bois de Tout Vent P1 » à « - P5 » ont fait l'objet d'essais de pompage à trois paliers. La localisation de ces ouvrages se trouve sur la Figure VII.1 et en Annexe 2.

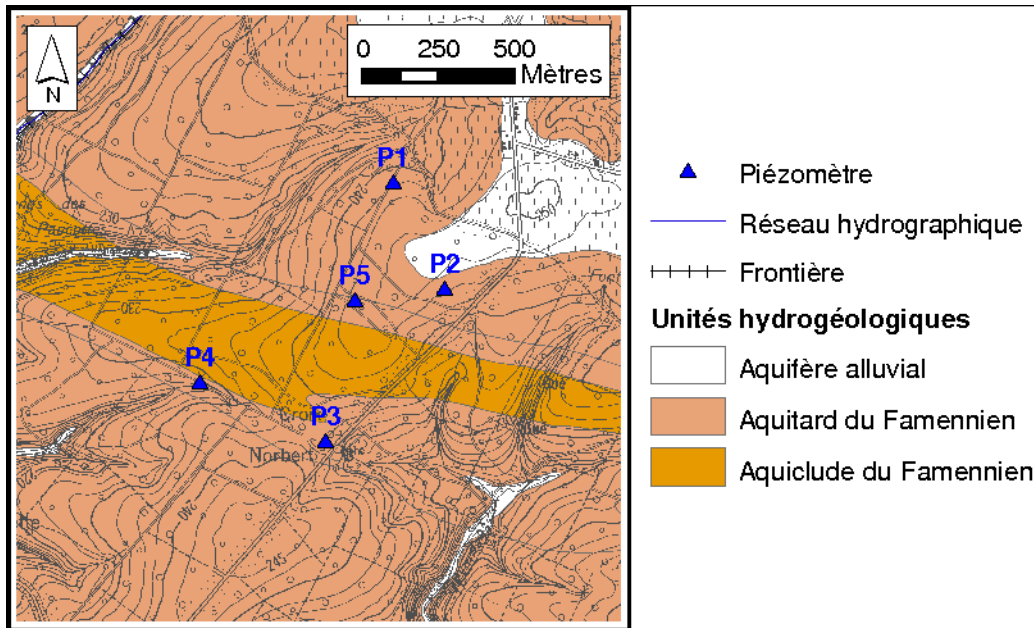


Figure VII.1. Implantation des piézomètres « Bois de Tout Vent P1 » à « - P5 » dans le cadre de l'étude d'incidence d'un centre d'enfouissement technique

Le Tableau VII-1 présente les résultats de transmissivité T et de conductivité hydraulique K obtenus :

Tableau VII-1. Résultats de transmissivité et de conductivité hydraulique pour les piézomètres du Bois de Tout Vent « P1 à P5 »

	Transmissivité T [m ² /s]	Conductivité hydraulique K [m/s]
Puits P1	3,27 . 10 ⁻⁵	2,25 . 10 ⁻⁶
Puits P2	2,01 . 10 ⁻⁵	1,61 . 10 ⁻⁵
Puits P3	6,81 . 10 ⁻⁶	4,66 . 10 ⁻⁷
Puits P4	9,95 . 10 ⁻⁶	5,62 . 10 ⁻⁷
Puits P5	5,95 . 10 ⁻⁴	7,11 . 10 ⁻⁵

Ces valeurs de transmissivité sont relativement faibles et caractéristiques d'un aquitard schisteux. Une perméabilité et une transmissivité plus élevées observées en P5 sont expliqués par la tendance calcaire de la Formation de Souverain-Pré.

La productivité locale de l'aquifère a également été estimée à partir des essais. Les rendements sont assez faibles, comme le montrent les valeurs des débits spécifiques pour les cinq ouvrages :

- pour P1, Qs = 0,082 à 0,115 m³/h.m ;
- pour P2, Qs = 0,035 m³/h.m ;
- pour P3, Qs = 0,020 m³/h.m ;
- pour P4, Qs = 0,164 m³/h.m ;

- pour P5, $Q_s = 0,796$ à $1,980 \text{ m}^3/\text{h.m.}$

Ces valeurs de débit spécifique reflètent bien celles des autres paramètres (T et K). La bande plus calcaireuse de la Formation de Souverain-Pré, traversée par le puits P5 est la plus productive avec un débit spécifique égale ou supérieur à $0,8 \text{ m}^3/\text{h.m.}$ Viennent ensuite les grès, puis les schistes, de moins en moins productifs, avec des valeurs de débit spécifique qui diminuent.

VII.2. L'AQUIFÈRE DES CALCAIRES DU FRASNIEN

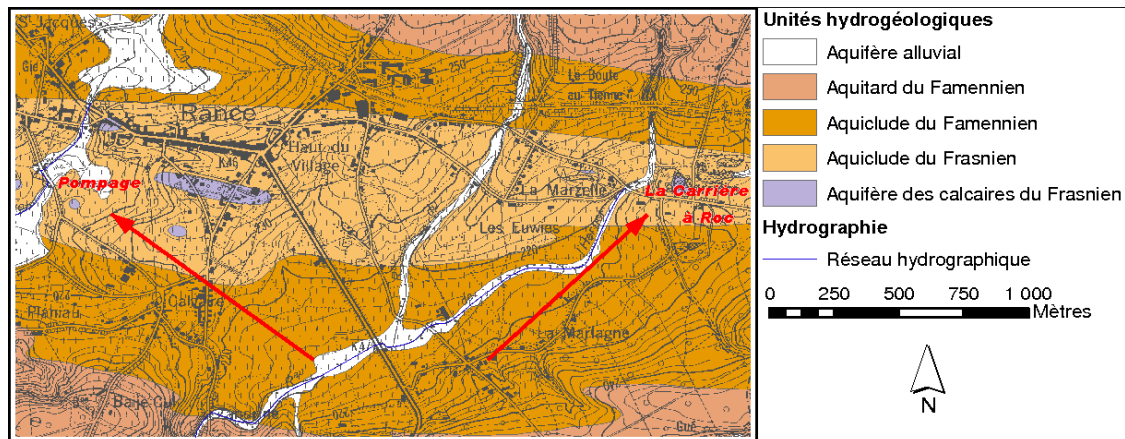


Figure VII.2. Localisation de la Carrière à Roc et de l'ouvrage servant au pompage d'essai

De fin août à fin septembre 1982, la carrière à Roc, dit « Trou de Versailles » (voir Figure VII.2) a été vidée, dans le but de localiser et de quantifier les venues d'eau. Les résultats obtenus (Biron *et al.*, 1983) sont présentés ci-dessous :

- la carrière à Roc peut contenir un volume d'eau d'environ $34\,500 \text{ m}^3$;
- la venue d'eau a un débit d'environ $6 \text{ m}^3/\text{h}$;
- en remontée, la transmissivité calculée est de $1,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

A côté de la vidange de la carrière à Roc, un pompage d'essai sur un puits, situé à moins de 2,5 km de la carrière, a également été effectué en septembre de la même année. Ce puits, datant de 1946, n'existe plus aujourd'hui. Sa profondeur était de 35 mètres. Les caractéristiques obtenues sont :

- débit : $6 \text{ m}^3/\text{h}$;
- rabattement : 11 mètres ;
- transmissivité :
 - en pompage, de $1,7 \cdot 10^{-4}$ à $9,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$;
 - en remontée, de $0,76 \cdot 10^{-4}$ à $2,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Suite à cette étude, il a été conclu que les caractéristiques de la zone n'étaient pas favorables à l'implantation d'un captage. Seul un usage local est possible compte tenu des limites quantitatives et qualitatives (voir Tableau V-3).

VIII. ZONES DE PROTECTION

VIII.1. CADRE LÉGAL

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

Afin de limiter les risques de contamination des captages, des périmètres de prévention doivent être mis en place. La législation wallonne* 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). Ces zones sont délimitées par des aires géographiques déterminées notamment en fonction de la vulnérabilité de la nappe aquifère.

Zone I ou zone de prise d'eau

La zone de prise d'eau est l'aire géographique délimitée par la ligne située à 10 mètres des limites extérieures des ouvrages de surface de 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.

Zone IIa et IIb ou zone de prévention rapprochée et éloignée

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 ».

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,

* Arrêté de l'Exécutif régional wallon du 14/11/1991 relatif aux prises d'eau souterraine, aux zones de prises d'eau, de prévention et de surveillance et à la recharge artificielle des nappes d'eau souterraine, abrogé par l'arrêté du GW du 3 mars 2005 relatif au livre II du code de l'Environnement, contenant le Code de l'Eau (M.B. du 12/04/2005, p. 15068). voir le site web <http://environnement.wallonie.be>

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.

- 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 fissurées ou karstiques.

Zone III : zone de surveillance

La 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.

Mesures de protection

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 2009*.

La Société Publique de Gestion de l'Eau (SPGE)* 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

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

* SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999.

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

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

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 PRÉVENTION APPROUVÉES PAR ARRÊTÉ MINISTÉRIEL

Sur la carte 57/1-2 Sivry – Rance, il n'existe aucune zone de prévention, ni arrêtée, ni à définir. En effet, il n'existe aucun captage en activité destiné à la distribution publique d'eau potable.

IX. METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

Le présent chapitre énumère les principales sources d'informations géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques utilisées. Il décrit également l'utilisation de ces données, l'encodage et l'interprétation qui en a été faite, permettant la réalisation et la mise à jour de la carte hydrogéologique de Wallonie 57/1-2 Sivry – Rance et de sa notice explicative. La structure du poster, au format A0, est également présentée.

IX.1. ORIGINE DES DONNÉES

IX.1.1. Données géologiques

La carte géologique servant de base à la carte hydrogéologique est celle établie en 2004 par Marion et Barchy, et publiée par le Service public de Wallonie. Grâce à la description des lithologies des différentes formations géologiques, il est possible de caractériser les différentes unités hydrogéologiques en y apportant diverses nuances.

Des discontinuités entre les limites géologiques et/ou hydrogéologiques (notamment pour les formations d'Aye et d'Esneux) apparaissent avec les cartes voisines Grandrieu – Beaumont (52/5-6) (Dumoulin, 2001) et Froidchapelle – Senzeille (57/3-4) (Dumoulin & Marion, 1998 ; Rekk & Hallet, 2010) situées respectivement au nord et à l'est de Sivry – Rance. Sur cette dernière, les deux formations sont cartographiées ensemble, alors qu'elles sont distinguées sur les cartes voisines. Ces discontinuités sont le résultat de points de vue différents des géologues, de conditions de levés différentes (quantité et qualité d'affleurements), de variation latérale de faciès, entraînant des limites ou des formations géologiques différentes.

Des données géologiques ponctuelles proviennent des descriptions de forages disponibles principalement du Service Géologique de Belgique (SGB) de l'Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique (IRSNB).

Des données concernant les phénomènes karstiques sont disponibles dans l'atlas du karst wallon et sont fournies par la Commission Wallonne d'Etude et de Protection des Sites Souterrains (CWE PSS). Ces données sont importées dans la carte, en les distinguant entre puits naturels, pertes, sources ou crons. Ces différents phénomènes sont brièvement décrits dans la notice.

IX.1.2. Données météorologiques et hydrologiques

Sur la carte 57/1-2 de Sivry – Rance, il existe

- une station limnimétrique appartenant à la DCENN : L-7210 – Thure ;

- deux stations climatiques appartenant à l'IRM : Sivry I-16 et Rance I-57.

Ces trois stations sont figurées sur la carte principale.

IX.1.3. Données hydrogéologiques

IX.1.3.1. Localisation des ouvrages et des sources

Dans la banque de données hydrogéologiques de la Région Wallonne, 390 ouvrages déclarés ont été encodés. La plupart de ces ouvrages ont été visités sur le terrain. Ainsi, leurs positions géographiques ont pu être corrigées, leurs types et profondeurs ont pu être déterminés et une mesure de niveau d'eau a été réalisée sur certains d'entre eux. La principale difficulté rencontrée sur le terrain est la localisation de certains ouvrages. Beaucoup sont mal situés, voire non situés. Le travail d'enquête auprès des habitants de la région permet d'obtenir les renseignements utiles concernant ces ouvrages et la possibilité de mesurer le niveau piézométrique.

Au final, 155 ouvrages ont été recensés en 2013 et reportés sur la carte hydrogéologique 57/1-2 de Sivry – Rance. Cet ensemble est constitué de : 2 puits pour la distribution publique d'eau potable, 1 drain, 82 autres puits possédant une autorisation d'exploitation, 2 sources (exploitées ou non), 67 points où des mesures piézométriques seraient praticables* (piézomètres ou puits) et 1 sonde géothermique.

IX.1.3.2. Données piézométriques

Au cours de la campagne de mesure en 2007 - 2008, 155 ouvrages ont été recensés sur le terrain et 67 d'entre eux ont permis d'effectuer des relevés piézométriques. Toutes les mesures réalisées sur le terrain ont été encodées dans la base de données hydrogéologiques BD Hydro. Sur la carte principale du poster A0, ces mesures ponctuelles sont reportées (voir Tableau IX-1) :

Tableau IX-1. Mesures reportées sur la carte principale du poster A0

Unité hydrogéologique	<i>Nombre de mesures reportées</i>
Aquifère des sables de remplissage	14
Aquiclude du Famennien	23
Aquitard du Famennien	102
Aquiclude du Frasnien	10
Aquifère des calcaires du Frasnien	5
Unité hydrogéologique indéterminée	1

* Il n'est pas toujours possible d'effectuer une mesure du niveau d'eau. Certains ouvrages existent sur la carte mais ils ne sont pas toujours visibles (enfoui dans le sol, propriétaire absent, ...). Le fait de ne pas trouver un ouvrage sur le terrain ne signifie pas qu'il n'existe pas.

Certains ouvrages, suivis régulièrement, ont permis de retracer l'évolution piézométrique.

Etant donné la structure géologique de la région et le caractère hydrodynamique peu favorable des unités concernées, ainsi que le nombre peu élevée de mesure, le tracé des isopièzes n'a pu être réalisé.

IX.1.3.3. Données hydrochimiques

Les données hydrochimiques proviennent de la banque de données CALYPSO (Qualité des Eaux Potabilisables et Souterraines) de la Région wallonne et sont reprises dans la BD Hydro. Celles concernant les ouvrages P1 et P5 situés dans le Bois de Tout Vent ont été encodées dans cette dernière. Un article au sujet de la Carrière à Roc à Rance fournit aussi quelques données chimiques. Ces dernières sont données à titre indicatif, car aucune précision concernant la méthode d'analyse n'est donnée. Elles ne sont pas encodées dans la base de données.

Les analyses les plus complètes et les plus récentes disponibles sont présentées dans cette notice. Les résultats sont ensuite analysés et comparés entre les différentes unités hydrogéologiques.

IX.1.3.4. Données des paramètres hydrodynamiques

Les données et considérations hydrodynamiques ont été reprises de la première version de cette notice. Elles proviennent d'études réalisées par divers organismes :

- le rapport de caractérisation géologique et hydrogéologique des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 du projet Synclin'EAU (Brouyère *et al.*, 2009) ;
- l'étude d'incidence du site « Bois de Tout Vent » à Sivry – Rance pour un projet de CET (Chabot, 1997).

IX.1.3.5. Autres données

La carte hydrogéologique de Wallonie est également composée d'informations relatives aux zones vulnérables aux nitrates. Celles relatives aux zones de prévention autour des captages sont absentes de cette carte.

IX.2. MÉTHODOLOGIE DE CONSTRUCTION DE LA CARTE

IX.2.1. Banque de données hydrogéologiques

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 chargées de la réalisation des cartes hydrogéologiques 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.

L'ensemble des données collectées est encodé dans la base de données géorelationnelle, BD Hydro (Wojda et al, 2005). Elle regroupe toutes les informations disponibles en matière d'hydrogéologie en Région wallonne. Ainsi les données détaillées de l'hydrochimie, de la piézométrie, des volumes exploités, les divers tests (diagraphies, essais de pompage, essais de traçage, prospection géophysique), fournissant notamment les paramètres d'écoulement et de transport, des informations relatives à la localisation des prises d'eau (puits, sources, piézomètres,...), leurs caractéristiques techniques, de la géologie telles que les descriptions de logs de forage et d'autres données administratives sont stockées dans la BD Hydro sous l'autorité de la DGARNE*. La base de données est également enrichie avec les informations sur les études, rapports et autres documents hydrogéologiques écrits. Ces renseignements se présentent sous la forme de métadonnées. Les données peuvent être demandées à la Région qui décide de leur accessibilité au cas par cas.

IX.2.2. Construction de la carte hydrogéologique

Le projet cartographique est développé sous ArcGIS – ESRI. Toutes les données collectées sont structurées dans une GeoDataBase (GDB). Les couches d'informations qui composent cette base de données sont ensuite intégrées au projet cartographique.

* Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement. Département de l'Etude du Milieu naturel et agricole - Direction de l'Etat environnemental. Coordination Géomatique et Informatique, Avenue Prince de Liège 15 - B-5100 Jambes, Belgique

IX.3. PRÉSENTATION DU POSTER A0

La carte hydrogéologique se compose de plusieurs éléments :

- la carte hydrogéologique principale au 1/25 000 ;
- les cartes thématiques au 1/50 000 :
 - carte des informations complémentaires et des caractères des nappes ;
 - carte des volumes d'eau prélevés ;
- les coupes hydrogéologiques ;
- le tableau de correspondance entre la géologie et l'hydrogéologie ;
- la carte de Belgique (au 1/5 000 000) où est localisée la carte étudiée.

IX.3.1. Carte hydrogéologique principale

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

- le fond topographique provenant de la carte IGN ;
- le réseau hydrographique (reprenant les cours d'eau, les plans d'eau et les berges quand elles existent) ;
- les formations hydrogéologiques ;
- les failles ;
- la localisation des points d'eau constitués par :
 - des puits des sociétés de distribution d'eau ;
 - des puits de sociétés industrielles ;
 - des puits privés exploités et déclarés au Service Public de Wallonie ;
 - des puits non exploités, mais équipés d'une pompe ;
 - des sources exploitées ou non ;
 - des piézomètres, ces derniers étant considérés comme tout point d'accès à la nappe, non exploité (forages de petit diamètre, puits non équipés) ;
 - les sondes géothermiques;
- les stations limnimétriques et climatiques ;
- les carrières en activité ;

- les cotes piézométriques ponctuelles dans les autres unités hydrogéologiques rencontrées, avec la date de la mesure ;
- les traits localisant le tracé des coupes hydrogéologiques ;
- la localisation des phénomènes karstiques (puits naturels et pertes) ;
- les zones de prévention IIa et IIb proposées et arrêtées par le Gouvernement Wallon ;
- des données piézométriques ponctuelles pour les différentes unités hydrogéologiques.
- les points de captage en attente de la définition de leur zone de prévention.

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

La « carte des informations complémentaires et du caractère des nappes » présente le caractère captif ou libre des différentes nappes. Dans la région de Sivry – Rance, elles sont toutes libres. La carte localise également les différents sites au droit desquels des données quantitatives ou qualitatives sont disponibles (analyses chimiques, essais de pompage). Elle reprend aussi l'extension de la zone vulnérable aux nitrates des « Sud Namurois » qui a été étendue en novembre 2012. Cette zone reprend désormais la majeure partie nord-est de la carte.

IX.3.3. Carte des volumes prélevés

Cette carte situe l'ensemble des ouvrages recensés et existants en 2013 sur l'étendue de la carte, en discernant :

- les ouvrages (puits, piézomètres, sources) différenciés selon l'aquifère qu'ils sollicitent. Les couleurs des symboles utilisés sont en relation avec la couleur de la nappe sollicitée. Pour certains ouvrages, il n'a pas été possible de déterminer la formation géologique dans laquelle ils ont été implantés (absence d'information sur le log géologique et/ou la profondeur) ;
- les volumes déclarés pour l'année 2011 par les captages des sociétés de distribution d'eau représentées par des pastilles rouges de diamètre proportionnel aux débits captés ;
- les volumes déclarés pour l'année 2011 par les puits privés exploités par des particuliers ou des industries représentées par des pastilles vertes de diamètre proportionnel aux débits captés ;

- les volumes moyens prélevés, correspondant à la moyenne des cinq dernières années (2007-2011) (basés sur les déclarations des titulaires des prises d'eau). Ils reflètent simplement l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées.

IX.3.4. Tableau de correspondance 'Géologie – Hydrogéologie'

Le tableau lithostratigraphique reprend la liste des différentes formations géologiques et unités hydrogéologiques susceptibles d'être rencontrées sur l'étendue de la carte. La description lithologique des formations géologiques fait référence à la nouvelle carte Sivry – Rance de Marion & Barchy, dressée en 2004.

IX.3.5. Coupes hydrogéologiques

Parmi les éléments présentés sur le poster de la carte hydrogéologiques figurent les coupes hydrogéologiques. Elles permettent de comprendre le contexte géologique et hydrogéologique de la région. Deux coupes ont été tracées. Elles sont issues de la Carte Géologique de Wallonie de Marion & Barchy (2004). L'une se situe dans la partie occidentale, l'autre dans la partie orientale de la carte. Elles sont orientées, perpendiculairement à la structure des couches. Elles recourent principalement l'aquitard du Famennien, mais il est possible d'observer l'aquifère des calcaires du Frasnien dans les anticlinaux de Rance et de Renlies.

Il y a deux versions de ces coupes : une pour laquelle l'échelle verticale est de 1/5 000 tandis que l'autre respecte l'échelle initiale de 1/25 000. L'exagération des hauteurs d'un facteur 5 permet de mettre en évidence les structures influençant l'hydrogéologie locale.

Sur ces coupes ont été ajoutées des informations sur les niveaux d'eau souterraine.

IX.3.6. Avertissement

Les cartes hydrogéologiques ont pour objectif de répondre aux besoins de toute personne, société ou institution concernée par la problématique et la gestion des ressources en eau tant au niveau quantitatif que qualitatif et de mettre à disposition une documentation synthétique et aisément accessible relative à l'hydrogéologie d'une région.

Le poster et la notice fournis ne prétendent pas à une précision absolue en raison de la non-exhaustivité des données, de l'évolution de celles-ci et des interprétations nécessaires à leur établissement. Ils n'ont pour but que d'aider les hydrogéologues à prévoir le contexte général qu'ils peuvent rencontrer et l'ampleur des études nécessaires. La carte et la notice constituent un instrument de synthèse et d'orientation et ne dispensent en aucune façon de recherches complémentaires en fonction de sites particuliers et de projets définis.

X. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

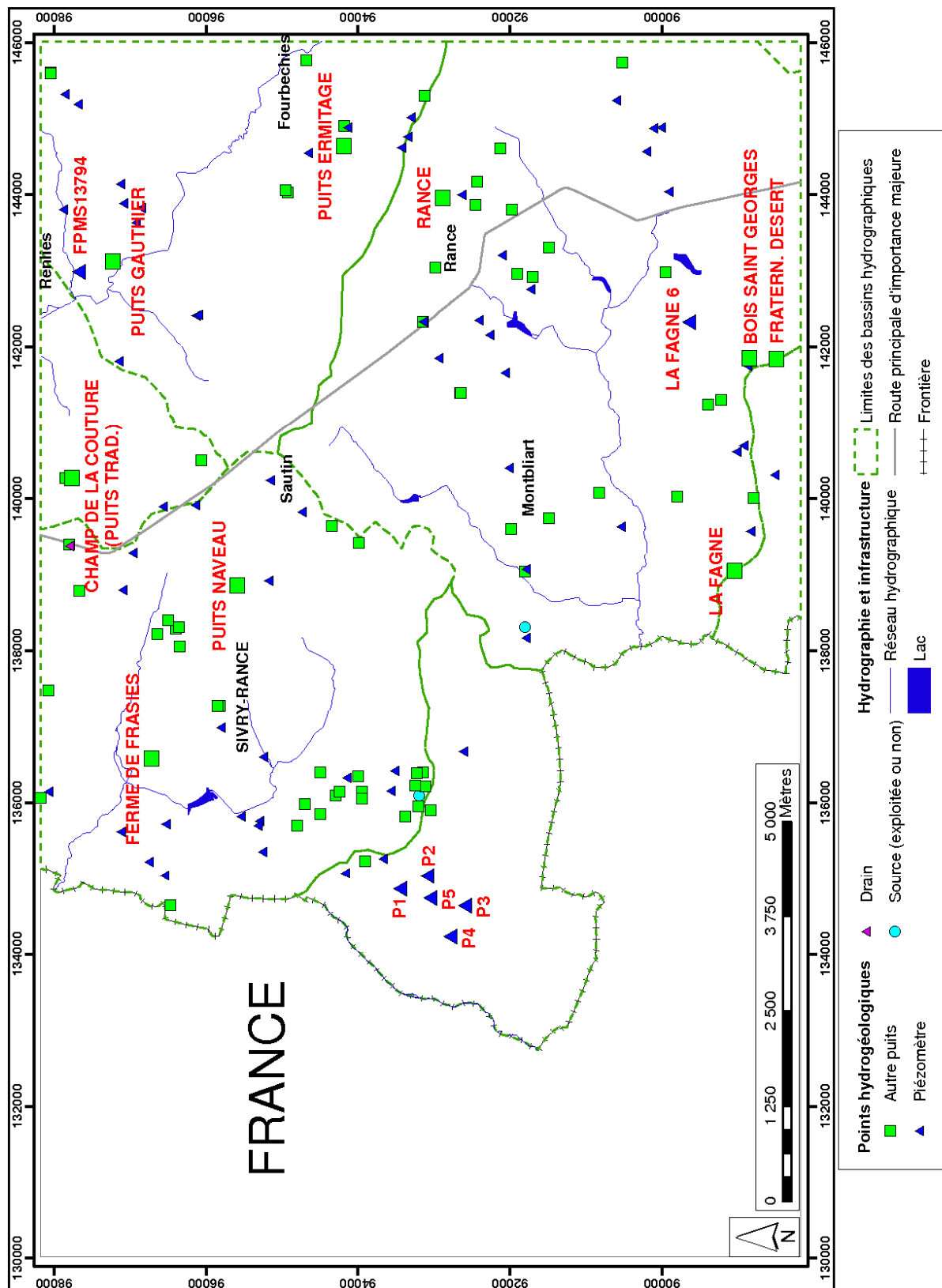
- Belanger, I., Delaby, S., Delcambre, B., Ghysel, P., Hennebert, M., Laloux, M., Marion, J.-M., Mottequin, B., Pingot, J.-L.** (2012) : Redéfinition des unités structurales du front varisque utilisées dans le cadre de la nouvelle Carte géologique de Wallonie (Belgique). *Geologica Belgica*, 15/3, pp. 169–175
- Biron, J.-P., Coen-Aubert, M., Dreesen, R., Ducarme, B., Groessens, E., Tourneur, F.** (1983) : Le Trou de Versailles ou Carrière à Roc de Rance. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, 92/4, pp. 317–336
- Boulvain, F., Coen-Aubert, M.** (1992) : Sédimentologie, diagenèse et stratigraphie des “biohermes de marbre rouge” de la partie supérieure du Frasnien belge. *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, 100/1-2, pp. 3–55
- Boulvain, F., Pingot, J.-L.** (2013) : Une Introduction à la géologie de la Wallonie. Cours en ligne, Université de Liège. (<http://www2.ulg.ac.be/geolsed/geolwal/geolwal.htm>)
- Brouyère, S., Gesels, J., Jamin, P., Robert, T., Thomas, L., Dassargues, A., Bastien, J., Van Wittenberge, F., Rorive, A., Dossin, F., Lacour, J.L., Le Madec, D., Nogarède, P., Hallet, V.** (2009) : Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en œuvre de la Directive Européenne 2000/60 sur les masses d’eau souterraine en Région Wallonne (Projet Synclin’EAU)), livrable D.5.11 – Partie MESO RWM022 et RWM023, Convention RW et SPGE-Aquapôle
- Castany, G.** (1998) : Hydrogéologie. Principes et méthode. Edition : Dunod, Paris - ISBN 2 10 004171 1
- Chabot, A.** (1997) : Etude d’incidences du site “Bois de Tout Vent” à Sivry - Rance. Cahier spécial des charges n° 657. Rapport, annexes, planches SPAQuE - Bureau d’Etudes GROUPE TEAMS
- De Broyer, C., Thys, G., Fairon, J., Michel, G., Vrolix, M.** (1996) : Atlas du karst wallon, Inventaire cartographique et descriptif des sites karstiques et des rivières souterraines de Wallonie, Province de Hainaut (partie orientale). Edition : Région Wallonne, Commission Wallonne d’Etude et de Protection des Sites Souterrains
- Dumoulin, V.** (2001) : Carte géologique de Wallonie au 1/25 000ème (avec notice explicative), Planche Grandrieu - Beaumont n° 52/5-6. Edition : Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l’Environnement. Dépôt légal D/2001/5322/48. ISSN D/2001/5322/48

- Dumoulin, V., Marion, J.-M.** (1998) : Carte géologique de Wallonie au 1/25 000ème (avec notice explicative), Planche Froidchapelle - Senzeille n° 57/3-4. Edition : Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement
- Foucault, A., Raoult, J.-F.** (2005) : Dictionnaire de Géologie, 6e édition. Edition : Dunod - ISBN 2 10 049071 0
- Gogu, R.-C.** (2000) : Advances in groundwater protection strategy using vulnerability mapping and hydrogeological GIS databases. Thèse de doctorat. Université de Liège
- Gogu, R.-C., Carabin, G., Hallet, V., Peters, V., Dassargues, A.** (2001) : GIS-based hydrogeological databases and groundwater modelling. Hydrogeology Journal, 9/6, pp. 555–569
- Marion, J.-M., Barchy, L.** (2004) : Carte géologique de Wallonie au 1/25 000ème (avec notice explicative), Planche Sivry - Rance n° 57/1-2. Edition : Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement. Dépôt légal D/2004/5322/54. ISSN D/2004/5322/54
- Pfannkuch, H.-O.** (1990) : Elseviers Dictionary of Environmental Hydrogeology. Elsevier Science Publishers, xii+332 pp.
- Rekk, S., Hallet, V.** (2010) : Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchettes Froidchapelle - Senzeille n° 57/3-4. Edition : Service public de Wallonie, DGO3 (DGARNE), Belgique. Dépôt légal D/2010/12.796/2. ISSN D/2010/12.796/2 - ISBN 978-2-8056-0070-8
- SPW-DGO3** (2013a) : Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie. Edition : Service public de Wallonie, DGO3 (DGARNE), Belgique, Dépôt légal D/2013/11802/38. (<http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/>)
- SPW-DGO3** (2013b) : Réseau piézométrique de la Direction des Eaux souterraines - stations automatisées. Edition : Service public de Wallonie, DGO3 (DGARNE), Belgique (<http://piezo.environnement.wallonie.be/>)
- UNESCO-OMM** (1992) : Glossaire International d'Hydrologie. Seconde édition révisée. 413 p.
- Wojda, P., Dachy, M., Popescu, C., Ruthy, I., Gardin, N.** (2006) : Manuel d'utilisation de la banque de données hydrogéologiques de la Région Wallonne 44 p.

ANNEXE 1. GLOSSAIRE DES ABRÉVIATIONS

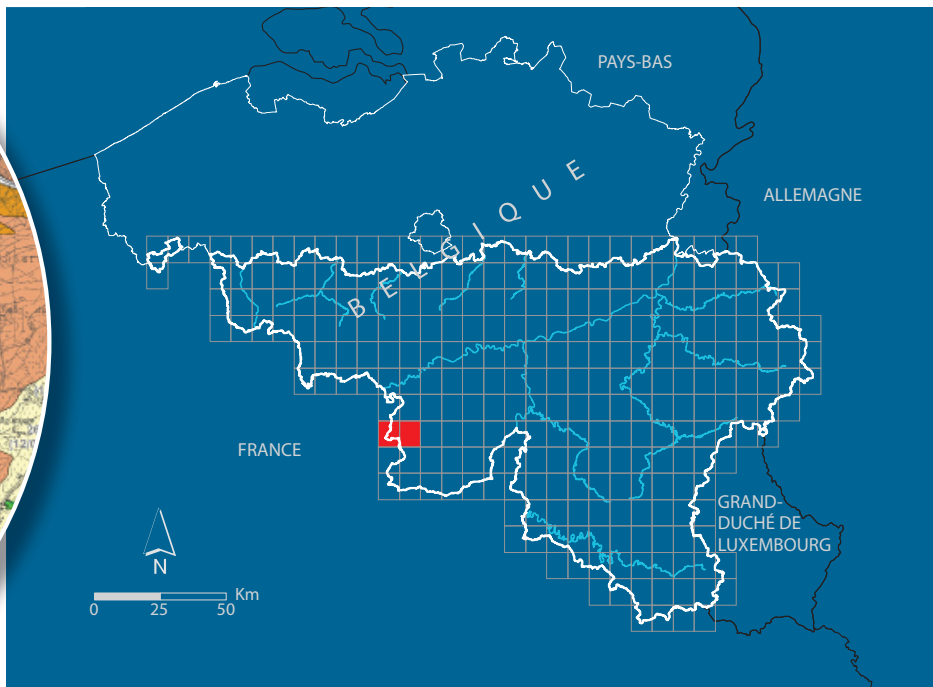
- AGW : Arrêté du Gouvernement Wallon
- ArGEnCO – GEO³ : Architecture, Géologie, Environnement et Constructions – Géotechnologies, Hydrogéologie, Prospection Géophysique
- DCENN : Direction des Cours d'Eau Non Navigables
- DGRNE – DGO3 : Direction Générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement. Avenue Prince de Liège, 15. B-5100 Jambes (Namur). Belgique
- FPMs. : Faculté Polytechnique de Mons
- IRSNB : Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique
- IGN : Institut Géographique National
- IRM : Institut Royal Météorologique
- LQ : Limite de Quantification
- Ma : Millions d'années
- MB : Moniteur Belge
- SETHY : Service d'Etudes Hydrologiques (de la Direction générale opérationnelle de la Mobilité et des Voies hydrauliques)
- SGB : Service Géologique de Belgique
- SPGE : Société Publique de Gestion de l'Eau
- SPW : Service Public de Wallonie
- ULB : Université Libre de Bruxelles
- ULg : Université de Liège
- UMons : Université de Mons
- UNamur : Université de Namur

ANNEXE 2. CARTE DE LOCALISATION



ANNEXE 3. COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITÉS DANS LA NOTICE

Nom de l'ouvrage	X (m)	Y (m)	Zsol (m)	Type d'ouvrage	Profondeur (m)
FPMS13794	142 991	97 679	208	Puits foré	15,2
Puits Gauthier	143 121	97 231	200	Puits foré	25
Champ de la Couture (puits trad.)	140 271	97 771	215	Puits traditionnel	11,45
Puits Naveau	138 854	95 589	255	Puits foré	23,5
Puits Ermitage	144 637	94 191	262	Puits foré	-
Fratern. Desert	141 843	88 500	257,5	Puits foré	36
Bois de Tout Vent P1	134 864	93448,3	241,50	Puits foré	21
Bois de Tout Vent P2	135 035	93095,4	245,05	Puits foré	21
Bois de Tout Vent P3	134 642	92 591,3	234,88	Puits foré	25
Bois de Tout Vent P4	134 227	92 785,8	226,86	Puits foré	22,5
Bois de Tout Vent P5	134 737	93057,8	245,08	Puits foré	24
La Fagne 6	142 326	89 645	254	Puits traditionnel	7,94
Ferme de Frasies	136 576	96 725	220	Puits foré	104
Rance	143 962	92 893	258	Puits foré	100
Bois Saint Georges	141 850	88 850	260,5	Puits foré	9,83
La Fagne	139 047	89 051	247	Puits foré	35



SPW | Éditions, CARTES

Dépôt légal : D/2014/12.796/6 – ISBN : 978-2-8056-0152-1

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

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