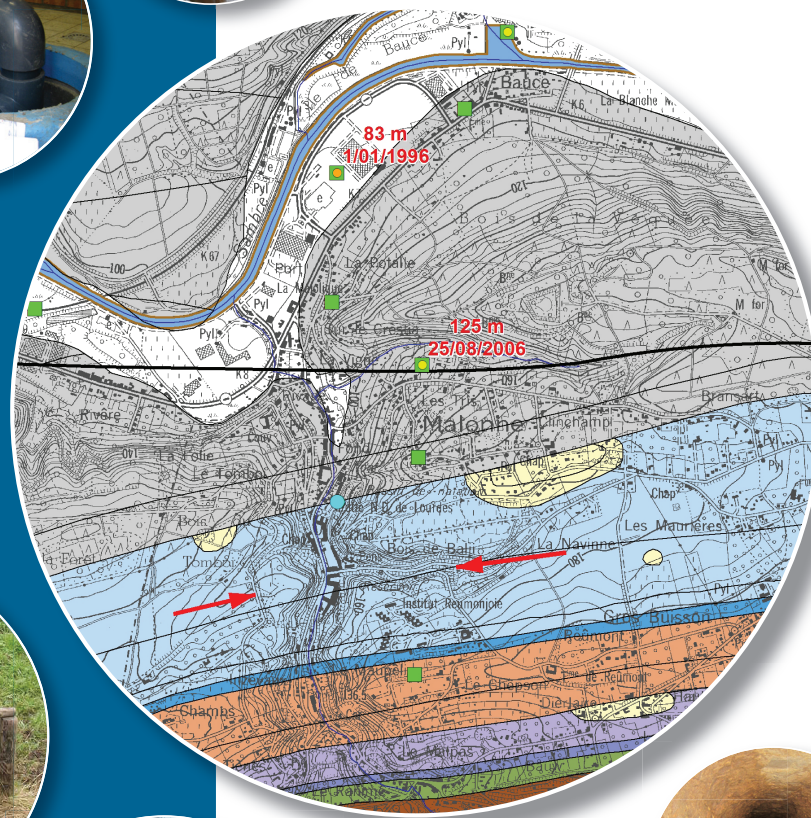


Notice explicative

**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 Malonne – Naninne



MALONNE - NANINNE

47/7-8

Samantha **REKK**, Vincent **HALLET**

Université de Namur
Rue de Bruxelles, 61 - B-5000 Namur (Belgique)



NOTICE EXPLICATIVE

2015

Première version : Janvier 2007
Actualisation partielle : Mai 2015

Dépôt légal – **D/2015/12.796/11** - ISBN : **978-2-8056-0187-3**

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

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

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

AVANT-PROPOS	1
I. INTRODUCTION	3
II. CADRES GEOGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE	4
III. CADRE GEOLOGIQUE	6
III.1. CADRE GEOLOGIQUE GENERAL	6
III.2. CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL.....	7
<i>III.2.1 Lithostratigraphie.....</i>	<i>7</i>
III.2.1.1. Paléozoïque	8
III.2.1.1.1. Silurien.....	8
III.2.1.1.1.1. Silurien inférieur (SI1)	8
III.2.1.1.1.2. Silurien supérieur (SI2).....	10
III.2.1.1.2. Dévonien	10
III.2.1.1.2.1. Dévonien inférieur	10
III.2.1.1.2.2. Dévonien moyen.....	12
III.2.1.1.2.3. Dévonien supérieur	13
III.2.1.1.3. Carbonifère.....	15
III.2.1.1.3.1. Tournaisien	15
III.2.1.1.3.2. Viséen	16
III.2.1.1.3.3. Houiller	18
III.2.1.2. Cénozoïque.....	18
III.2.1.2.1. Bruxellien (Eocène moyen).....	18
III.2.1.2.2. Oligocène.....	18
III.2.1.3. Quaternaire	18
<i>III.2.2 Cadre structural.....</i>	<i>19</i>
IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE.....	21
IV.1. DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES	22
<i>IV.1.1 Paléozoïque.....</i>	<i>24</i>
IV.1.1.1. Silurien	25
IV.1.1.1.1. Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien	25
IV.1.1.1.2. Aquitard du socle cambro-silurien	25
IV.1.1.2. Dévonien	25
IV.1.1.2.1. Dévonien inférieur	25
IV.1.1.2.1.1. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.....	25
IV.1.1.2.1.2. Aquifère à niveaux aquicludes du dévonien inférieur	26
IV.1.1.2.2. Dévonien moyen	26
IV.1.1.2.2.1. Aquitard de l’Eifelien	26
IV.1.1.2.2.2. Aquifère des calcaires du Givetien	26
IV.1.1.2.3. Dévonien supérieur	26
IV.1.1.2.3.1. Aquiclude du Frasnien	26
IV.1.1.2.3.2. Aquifère des calcaires du Frasnien	27

IV.1.1.2.3.3. Aquitard du Famennien	27
IV.1.1.3. Carbonifère	27
IV.1.1.3.1. Aquiclude-Aquitard-Aquifère de l'Hastarien	27
IV.1.1.3.2. Aquifère des calcaires du Carbonifère.....	27
IV.1.1.3.3. Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller	28
IV.1.2 Cénozoïque et Quaternaire	28
IV.2. PHENOMENES KARSTIQUES	28
IV.2.1 Systèmes karstiques de la carte Malonne - Naninne	29
IV.2.1.1. Le synclinal de Walgrappe.....	30
IV.2.1.1.1. Vallée du Beau Vallon (rive gauche de Meuse)	30
IV.2.1.1.2. Vallon sec de Walgrappe (rive gauche de Meuse)	30
IV.2.1.1.3. Vallon du Ruisseau de Tailfer (Rive droite de Meuse).....	32
IV.2.1.1.4. Le Fond de Nismes	32
IV.2.2 Le synclinal de Lesve	34
IV.2.2.1. La Vilaine Source	35
IV.3. DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE REGIONALE.....	39
IV.3.1 Cadre général.....	39
IV.3.2 Recharge des aquifères : le bilan hydrogéologique.....	42
IV.3.3 Evolution piézométrique et sens d'écoulement des différentes unités hydrogéologiques régionales.....	44
IV.3.3.1. La Zone Nord	44
IV.3.3.1.1. Le bassin houiller	44
IV.3.3.1.2. La bordure sud du Parautochtone brabançon.....	45
IV.3.3.2. La Zone Sud	47
IV.3.3.2.1. La Bande Calédonienne de l'Entre-Sambre-et-Meuse	48
IV.3.3.2.2. Le Dévonien inférieur	49
IV.3.3.2.3. Les synclinaux de Walgrappe et de Lesve.....	51
IV.3.3.2.4. Le cœur carbonifère du synclinal de Walgrappe	53
IV.3.3.3. Conclusions	54
IV.4. COUPES HYDROGEOLOGIQUES	54
IV.5. CARACTERE LIBRE, SEMI-CAPTIF, CAPTIF DES NAPPES	58
V. CADRE HYDROCHIMIQUE	60
V.1. CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX.....	60
V.1.1 Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien.....	60
V.1.2 Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.....	62
V.1.3 Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur	63
V.1.4 Aquiclude du Famennien	64
V.1.5 Aquitard du Famennien.....	64
V.1.6 Aquifère des calcaires du Carbonifère.....	65
V.1.7 Aquifère alluvial de la Meuse	66
V.1.8 Commentaires	67

V.2. PROBLEMATIQUE DES NITRATES	70
V.2.1 Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien.....	72
V.2.2 Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.....	74
V.2.3 Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur.....	76
V.2.4 Aquiclude du Famennien.....	78
V.2.5 Aquitard du Famennien.....	78
V.2.6 Aquifère alluviale de la Meuse.....	79
V.1. PROBLEMATIQUE DES MICROPOLLUANTS	82
V.1.1 Pesticides.....	82
V.1.2 Métaux.....	86
V.2. QUALITE BACTERIOLOGIQUE.....	88
VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES	90
VI.1. VOLUMES PRELEVES POUR LA DISTRIBUTION PUBLIQUE	91
VI.2. AUTRES VOLUMES CAPTES	94
VII. PARAMETRES HYDROGEOLOGIQUES	97
VII.1. PARAMETRES D'ECOULEMENT	97
VII.1.1 Aquifère alluvial	99
VII.1.2 Aquifère des calcaires du Carbonifère.....	100
VII.1.3 Aquitard du Famennien.....	101
VII.2. PARAMETRES DE TRANSPORT	101
VII.2.1 Aquifère alluvial	101
VII.2.2 Aquifère des calcaires du Carbonifère.....	101
VII.2.3 Aquitard du Famennien.....	102
VIII. ZONES DE PROTECTION	103
VIII.1. CADRE LEGAL	103
VIII.1.1 Zone de prise d'eau ou zone I.....	103
VIII.1.2 Zones de prévention rapprochée et éloignée ou zones IIa et IIb	104
VIII.1.3 Zone de surveillance ou zone III.....	105
VIII.1.4 Mesures de protection	105
VIII.1. ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES	106
VIII.1.1 Zone de prévention arrêtée.....	106
VIII.1.1.1. Captage « Jambes P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9 »	106
VIII.1.1.2. Captage de Crupet	107
VIII.1.2 Zone de prévention à l'enquête publique.....	108
VIII.1.3 Zones de prévention à définir.....	108
IX. METHODOLOGIE D'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE.....	109
IX.1. INTRODUCTION.....	109

IX.2. COLLECTE DE DONNEES	109
IX.2.1 Données géologiques et topographiques	109
IX.2.2 Données météorologiques et hydrologiques	109
IX.2.3 Données hydrogéologiques	109
IX.2.3.1. La banque de données BD HYDRO	110
IX.2.3.2. Localisation des ouvrages et sources	110
IX.2.3.3. Données piézométriques.....	110
IX.2.3.4. Données hydrochimiques.....	111
IX.3. CONSTRUCTION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE	111
X. BIBLIOGRAPHIE	114
XI. ANNEXE 1: LISTE DES ABREVIATIONS	117
XII. ANNEXE 2 : TABLE DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE.....	118

AVANT-PROPOS

La carte hydrogéologique Malonne - Naninne (47/7-8) s'inscrit dans le projet cartographique "Eaux souterraines" commandé et financé par le Service Public de Wallonie (S.P.W) : Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3). Quatre équipes universitaires collaborent à ce projet : l'Université de Namur (UNamur), l'Université de Mons (Faculté Polytechnique, UMons) et l'Université de Liège (ArGEnCO-GEO³-Hydrogéologie & Sciences et Gestion de l'Environnement, ULg-Campus d'Arlon, ULg).

Les cartes hydrogéologiques sont basées sur un maximum de données, géologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques, recueillies auprès de divers organismes. Elle a pour objectif d'informer sur l'extension, la géométrie et les caractéristiques hydrogéologiques, hydrodynamiques et hydrochimiques des nappes aquifères, toute personne, société ou institution concernées par la gestion, tant quantitative que qualitative, des ressources en eaux.

La base de données hydrogéologiques de Wallonie (BD Hydro), principale source de données servant à l'élaboration des cartes hydrogéologiques, est en perpétuelle amélioration afin d'aboutir à une unique base de données centralisée, régulièrement mise à jour (*Gogu, 2000 ; Gogu & al., 2001 ; Wojda & al., 2005*).

La carte de Malonne - Naninne a été réalisée en 2007 par Samantha Rekk (licenciée en Sciences Géologiques) et le projet supervisé par le Prof. Vincent Hallet du Département de Géologie (UNamur). La carte a été revue et mise à jour partiellement en 2014 par S. Rekk (licenciée en Sciences Géologiques) avant sa publication sur Internet.

Les auteurs de la carte hydrogéologique remercient vivement Bernard Delcambre et Jean-Louis Pingot, auteurs de la nouvelle carte géologique, pour les données lithologiques fournies. Nous remercions également la sociétés de distribution publique (S.W.D.E., INASEP, VIVAQUA) et les diverses administrations communales pour nous avoir fourni nombre de données et nous avoir permis l'accès à leurs ouvrages souterrains (captages, piézomètres). Il en va de même pour tous les bureaux d'études actifs dans le domaine de l'environnement qui nous ont fourni des données, ainsi que tous les titulaires privés (généralement du monde agricole) de puits pour nous avoir laissé accéder aux ouvrages lors de nos investigations sur le terrain et également les propriétaires des carrières présentes sur la carte.

Par un choix délibéré, toute superposition outrancière d'informations conduisant à réduire la lisibilité de la carte a été évitée. Dans ce but, outre la carte principale, deux cartes thématiques, une coupe et un tableau lithostratigraphique sont présentés.

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

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

I. INTRODUCTION

La région couverte par la feuille 47/7-8 Malonne - Naninne est située juste au sud de la ville de Namur (*Figure I.1*). Située en province de Namur, elle couvre principalement les communes de Namur, de Profondeville, d'Assesse et de Floreffe.

Les principaux aquifères sont logés dans les calcaires d'âge Dévonien ou Carbonifère, dans les grès du Dévonien inférieur et dans les alluvions récentes.

Les sociétés de distribution publique d'eau potable, VIVAQUA et la S.W.D.E., exploitent principalement la nappe alluviale de la Meuse, pour alimenter les villes de Bruxelles et Namur respectivement.

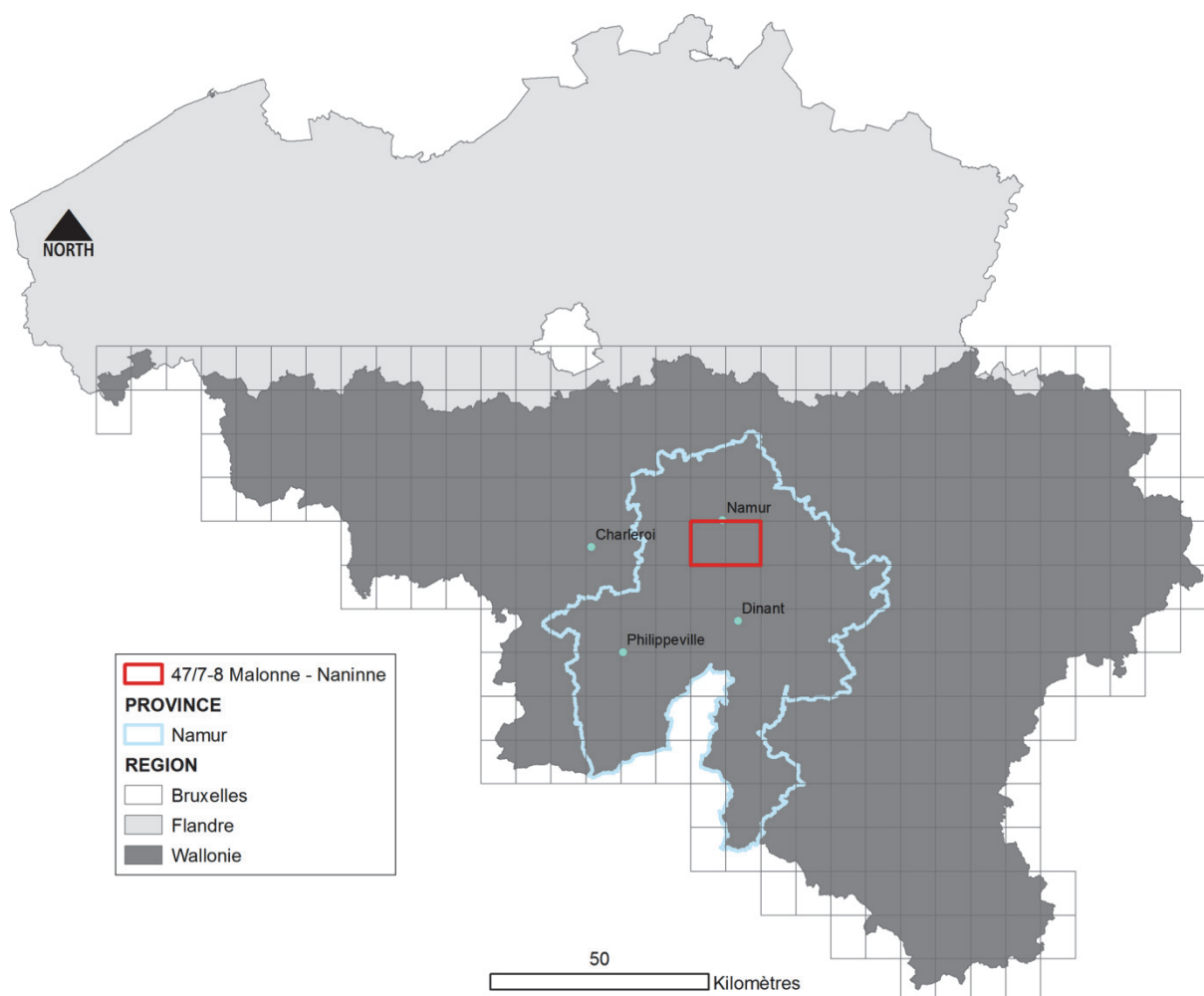


Figure I.1 : Localisation de la planchette Malonne - Naninne (planchette IGN 47/7-8, au 1/25 000).

II. CADRES GÉOGRAPHIQUE, GÉOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE

D'une superficie de 160 km², la feuille Malonne - Naninne est située en Province de Namur. Elle s'étend principalement sur les communes de Namur (localités de Jambes, Naninne, Wierde, Erpent, Dave, Wépion, Flawinne et Malonne), de Profondeville (localités de Bois de Villers et Lustin), d'Assesse (localités de Maillen, Courrière et Sart Bernard), de Floreffe (localité de Floriffoux), et dans une moindre mesure sur les communes d'Andenne (localité de Maizeret), de Gesves (localités de Mozet) et de Fosses-la-Ville.

La carte, située au sud de Namur, est à cheval sur l'ancien bassin minier de la Basse Sambre. Elle est parcourue par la Sambre qui étire ses méandres sur le bassin houiller et par la Meuse qui la traverse du sud vers le nord.

La densité de population sur le territoire de cette carte est assez importante, les principaux centres urbanisés étant Naninne, Jambes, Flawinne et Malonne.

Le réseau hydrographique (*Figure II.1*) est bien développé dans les zones gréseuses et schisteuses et nettement moins dans les zones calcaires.

La feuille de Malonne - Naninne est divisée en cinq bassins versants, trois majeurs et deux mineurs:

- ✓ le bassin de la Meuse ($\pm 80 \text{ km}^2$), occupe la partie centrale de la carte et est drainé du sud vers le nord, principalement par la Meuse dont les affluents sont, du sud au nord: le Rau de Tailfer, le R^{au} de Dave, la Marlagne, le R^{au} d'Amée, le R^{au} d'Orjo, et R^{au} d'Erpent ;
- ✓ le bassin de la Sambre ($\pm 42 \text{ km}^2$), occupe principalement le tiers ouest de la carte et est drainé, de l'ouest vers l'est par le R^{au} de Floreffe et le Landoir et ses affluents (R^{au} du Petit Bois et R^{au} de Maulenne) ;
- ✓ Le bassin du Samson ($\pm 26 \text{ km}^2$) à l'est de la carte est drainé par les R^{au} de Crespon, du Tronquoy et le R^{au} d'Arville qui s'écoulent du sud vers le nord ;
- ✓ le bassin du Burnot ($\pm 9 \text{ km}^2$) occupe le coin sud-ouest de la carte ;
- ✓ le bassin du Bocq ($\pm 2 \text{ km}^2$) occupe le coin sud-est de la carte.

A plus grande échelle tous ces bassins alimentent celui de la Meuse. La Sambre, le Samson et le Burnot se jettent dans la Meuse respectivement à Namur, Namèche et Rivière et le Bocq se jette dans la Meuse à Yvoir.

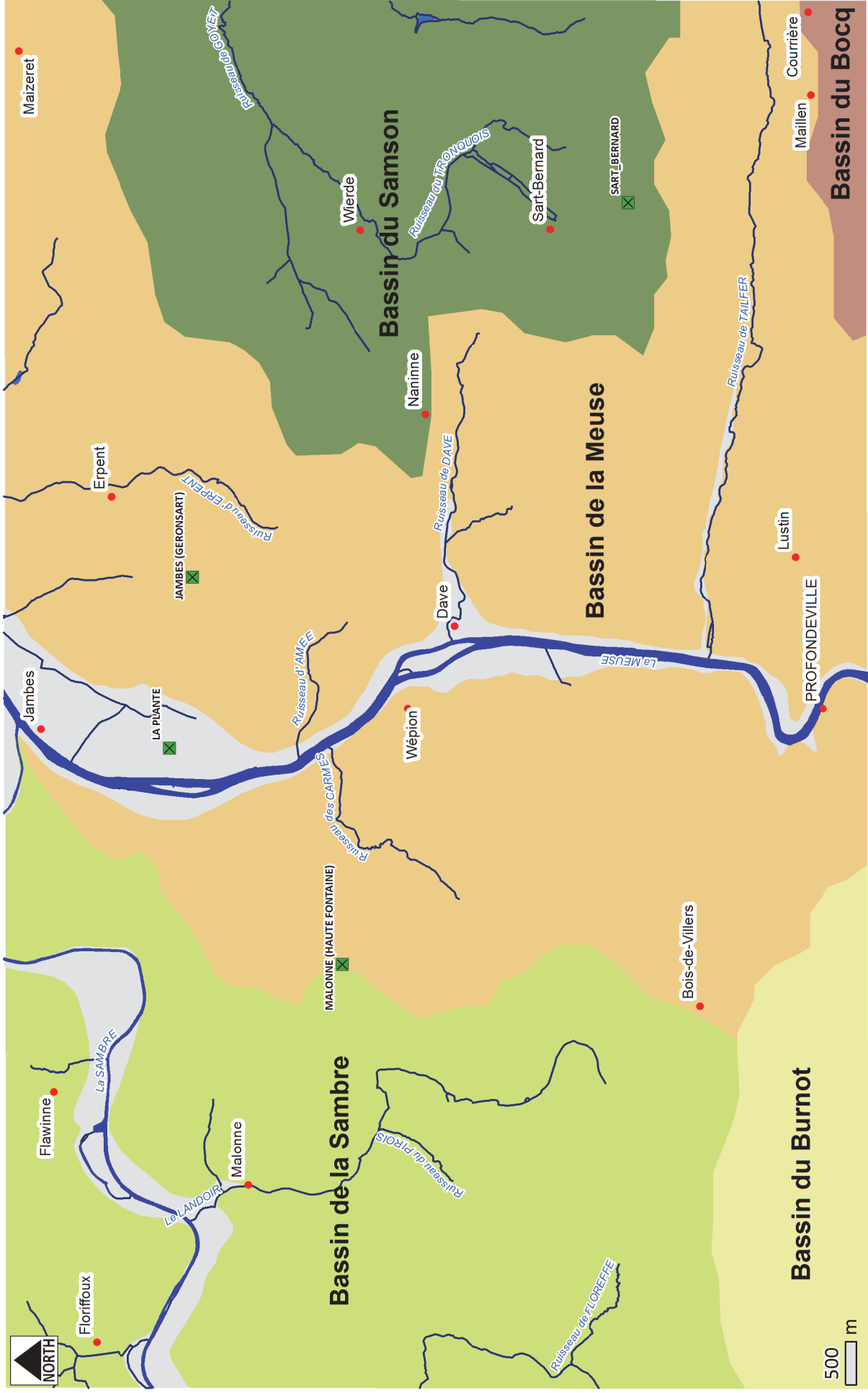


Figure II.1 : Carte du réseau hydrographique et des bassins versants de la carte Malonne – Naninine.

III. CADRE GÉOLOGIQUE

III.1. CADRE GÉOLOGIQUE GÉNÉRAL

La planche Malonne - Naninne (47/7-8) est située à cheval sur trois ensembles structuraux limités par deux zones faillées appartenant à la « Faille du Midi » (Figure III.1) :

- Au nord, les terrains silésiens appartenant au « Parautochtone brabançon » et limité au sud par la Faille de Malonne ;
- Au centre, les « Ecailles et massifs renversés de Haine-Sambre-Meuse » composées de roches du Carbonifère et du Dévonien supérieur au nord et de roches de l'Ordovicien et du Silurien au sud et recouvrant en discordance les couches du « Parautochtone brabançon » via la Faille de Malonne. Cet ensemble est limité au sud par la Faille du Midi ;
- Au sud, la bordure nord de l'allochtone ardennais composé de terrains d'âge surtout dévonien inférieur et moyen et recouvrant en discordance les « Ecailles et massifs renversés de Haine-Sambre-Meuse » via la Faille du Midi.

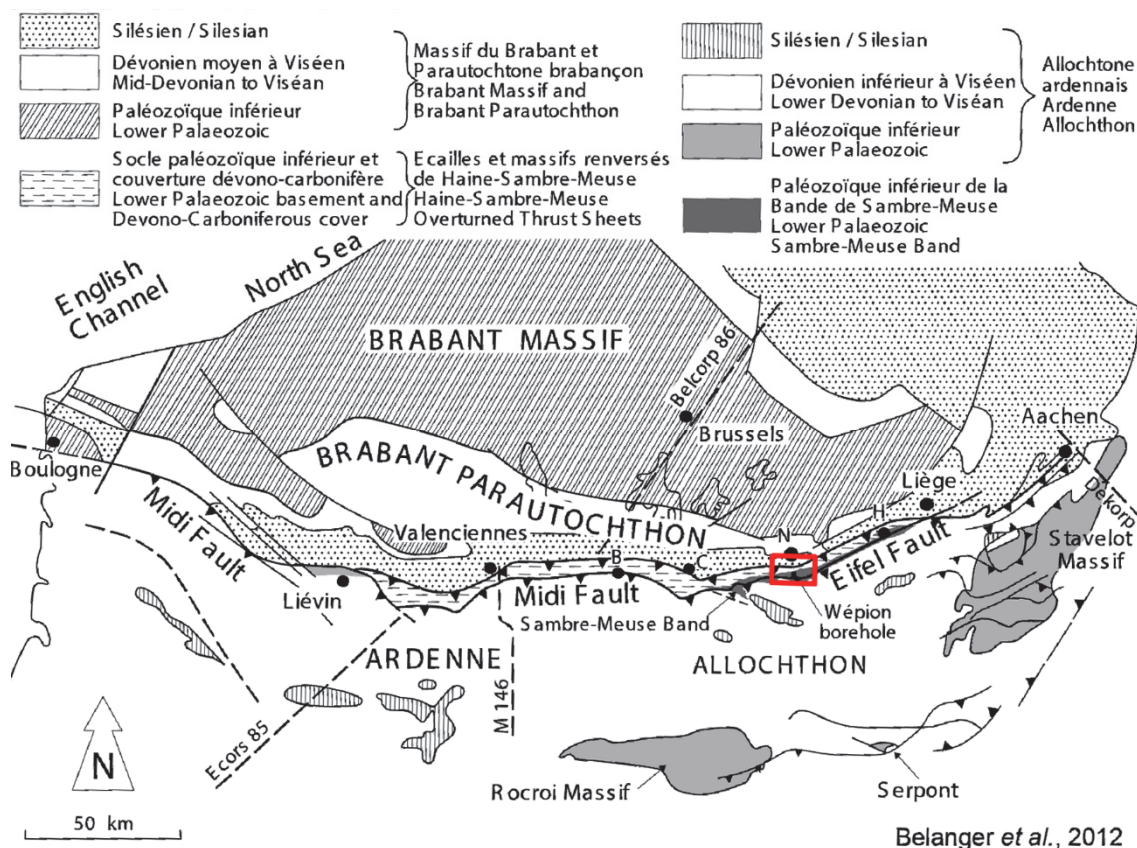


Figure III.1 : Localisation (cadre rouge) de la carte 47/7-8 dans le cadre structural belge étendu (Belanger et al., 2012).

III.2. CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

Les terrains de la carte appartiennent à trois grands systèmes séparés par deux épisodes orogéniques :

- au centre, les formations ordovico-siluriennes déformées une première fois lors de l'orogénèse calédonienne à la fin du Silurien et une deuxième fois lors de l'orogénèse varisque au Carbonifère. La largeur de cet ensemble n'excède pas 2 km et se marque clairement par une crête topographique (Condroz ardennais) ;
- les formations dévono-carbonifères mises en place sur le socle ordovico-silurien ont été plissées et faillées lors de l'orogénèse varisque à la fin du Westphalien. Lors de cette phase orogénique, l'Allochtone ardennais a été charrié vers le nord sur le Parautochtone brabançon, par le jeu de la faille du Midi ;
- ces terrains ont été recouverts par des dépôts sédimentaires formant la couverture cénozoïque tabulaire dont seuls quelques lambeaux occupent les sommets ou remplissent des poches karstiques dans les calcaires.

Les formations présentent une orientation structurale majeure d'axe WSW-ENE, soulignée par les axes de plis.

III.2.1 Lithostratigraphie

La description lithologique des formations géologiques fait référence à l'ancienne carte géologique n°155 Malonne - Naninne au 1/40 000 dressée par Stainier, M. X., et Malaise, M. (1901), ainsi qu'aux informations fournies par B. Delcambre et J.-L. Pingot (géologues du Service Géologique de Belgique et auteurs de la nouvelle carte géologique non encore éditée). La carte de 1901 est utilisée comme fond pour la carte hydrogéologique. Pour cette dernière, les assises géologiques ont été regroupées ou subdivisées en unités hydrogéologiques selon leurs caractéristiques hydrodynamiques. L'ensemble des unités géologiques en présence est repris au [Tableau III.1.](#)

La nouvelle carte géologique de Malonne - Naninne (éditée par le SPW-DGO 3) n'a pas encore été revue et les descriptions lithologiques de l'édition de 1901 sont plus que réduites. Cependant, la carte de Tamines - Fosses (47/5-6), à l'ouest de la carte Malonne - Naninne, est en cours de réalisation par B. Delcambre et J.-L. Pingot. Il découle de la direction des couches, grossièrement E-W, que l'on retrouve les mêmes assises sur ces deux cartes. De plus, la nouvelle carte géologique de Tamines - Fosses-la-Ville (47/5-6) reprend d'assez près les anciennes limites des assises, ce qui nous permet de reprendre les descriptions lithologiques plus détaillées de la notice explicative accompagnant cette carte. Certaines formations absentes de la carte de Tamines - Fosses-la-Ville ont été décrites sur base de la carte de Bioul - Yvoir (53/3-4) pour laquelle la série allant de l'Emsien (Dévonien

inférieur) au début du Famennien (Dévonien supérieur) est la même pour la carte de Malonne - Naninne (47/7-8) (*com. pers. B., Delcambre*).

Du fait de la présence de la Faille du Midi, se situant au sein des formations ordovico-siluriennes, et de variations latérales de faciès, les terrains du Dévonien inférieur et supérieur et du Carbonifère inférieur et moyen présentent des différences stratigraphiques importantes suivant que l'on se trouve sur la bordure sud du Parautochtone brabançon ou sur la bordure nord de l'Allochtone ardennais.

Pour une facilité de lecture, un parallèle a été fait entre l'ancienne et la nouvelle nomenclature dans le [Tableau III.1](#) qui reprend les subdivisions géologiques utilisées dans la région de Malonne - Naninne. Un tableau récapitulatif des variations latérales de faciès est présenté à la [Figure III.2 \(p. 15\)](#). Le parallèle qui est fait entre l'ancienne et la nouvelle nomenclature ne vaut que pour cette carte et peut encore évoluer en fonction de la version définitive de la nouvelle carte géologique à paraître.

Les formations sont décrites, de la plus vieille à la plus jeune, de manière non exhaustive. Seules sont précisées les informations nécessaires à l'hydrogéologie : lithologie, épaisseur. Pour de plus amples informations il faudra se reporter à la notice citée et reprise dans la bibliographie ([Delcambre et Pingot, à paraître](#)).

III.2.1.1. Paléozoïque

Le Paléozoïque de la carte Malonne - Naninne est représenté par les systèmes Silurien, Dévonien et Carbonifère.

III.2.1.1.1. Silurien

La bande calédonienne de l'Entre-Sambre-et-Meuse est constituée de terrains d'âge Silurien et Ordovicien. L'Ordovicien en tant que système est apparu plus tard et correspond au Silurien inférieur de la carte de 1901 tandis que le Silurien actuel correspond au Silurien supérieur.

L'épaisseur totale de l'ensemble du Silurien peut être estimée à 1 000 m au moins.

III.2.1.1.1.1. Silurien inférieur (SI1)

Le Silurien inférieur est composé du SI1a et du SI1b.

Le SI1a est composé de schistes finement micacés avec des bancs de quartzite.

Le SI1b est composé de schistes quartzeux avec des bancs d'arkose et de calcschistes.

Tableau III.1 : Tableau lithostratigraphique de la carte de Malonne - Naninne (d'après Stainier et Malaise, 1901 et Delcambre et Pingot, à paraître).

ERE	SYSTEME	ETAGE	ASSISE	Lithologie (description de la carte géologique de 1901)	Abréviati on (1901)	Découpage stratigraphique actuel (Delcambre et Pingot, à paraître)					
						FORMATION	GRUPE/MEMBRE	Abréviation	Epaisseur (m)		
QUATERNAIRE CENOZOIQUE	HOLOCENE			Alluvions modernes des vallées	alm	ALLUVIONS RECENTES		AMO			
				Argiles plastiques d'Andenne	Ona	ENTRE-SAMBRE-ET-MEUSE		ESM	Variable		
	Anas de calloux, sables fins et poudingue à la base	Onx, Om									
	EOCENE	BRUXELLIEN			Sables nus avec grès fistuleux	B	BRUXELLES		BXL	10-15m?	
					Schistes, grès, psammites et houilles	H2	CHATELET		HOU	800-900m	
		HOULLIER				Poudingues, Arkoses	H1c	Andenne			
						Grès feldspathique schistes, houilles	H1b				
						Phanites, schistes siliceux, ampelites	H1a				
						Calcaires avec couches d'anthracite vers le sommet	V2c			HOY	100-120m
						Dolomies à gros grains	V2cy				
CARBONIFERE	VISEEN		Visé	Brèches calcaires et calcaires massifs	V2cx	LIVES		LIV	150-180m		
				Calcaires avec cherts	V2b						
				Calcaires à grains cristallins et oolithiques	V2a			NEF	50-60m		
				Dolomies	V2ay		TERWAGNE	TER	4-70m		
				Dolomies	V1by		NAMUR		NMR	4+/-130m	
				Calcaires à crinoïdes	T2b						
				Dolomies à crinoïdes	T2y						
				Dolomies à crinoïdes	T1cy						
				Calcaires à crinoïdes et calcschistes	T1c		MAURENNE LANDELIES POINT D'ARCOLE HASTIERE		MAU LAN PDA HAS	10+ 15-20m 20m maximum	
				PALEOZOIQUE	FAMENNEN			d'Evieux Monfort d'Esneux Mariembourg Lanefve Thy-le- Baudouin Gougnies Gourdinne	Psammites, schistes et sables	Fa2c	CINEY/BOIS DES MOUCHES
Psammites	Fa2b	ESNEUX	ESN								
Psammites	Fa1m	FAMENNE/FALISOLLE	FAM/FAL			50m au plus					
Schistes, psammites	Fa1b										
Schistes	Frd										
Dolomies	Frdy	AISEMONT	AIS			17-22m					
Calcaires stratifiés	Frc	LUSTIN				LUS			75-80m		
Calcaires (Marbre Florence)	Frcm										
Calcaires stratifiés, calcaires coralligènes et schistes calcaireux.	Frb										
Calcaires (Marbre de Saint-Anne)	Frbp										
Calcaires	Frbv										
Dolomies	Frbv										
Schistes, macigno et oligistes	Fra		NISMES	NIS	4-10m						
Psammites, schistes et macigno	Gvb		ROUX	ROU	22.5m						
Calcaires	Gva		NEVREMONT	NEV	55m						
DEVONNIEN	GIVETIEN				Grès, schistes, macigno et calcaires	Cob	RIVIERE		RIV	80-90m (38.5m claminforges)	
		Schistes, grauwackes, psammites, grès, poudingues			Coa						
	COUVINIEN				Poudingues, grès et schistes	Bt	BURNOT	BUR	4-200m		
					Grès et schistes	Cb3	WEPON	WEP	200m au plus		
	COBLENIEN				Schistes et grès	Cb2	ACCOZ	ACO	4-300m		
					Grès	Cb1	BOIS D'AUSSE	BAU	100m		
	GEDINIEN				Psammites et schistes	Gbd	FOOZ		FOO	138m 12m	
					Poudingues et arkoses	Ga					
	SILURIEN SUPERIEUR				Schistes passant aux psammites avec arkoses et calcschistes	Sl2b	Naninne/Jonquoil/Thimensart/Daveu/Géniot		MAN/JON/THIM/DAV/ GNC	1000m+	
					Schistes avec bancs d'arkose et de calcschiste	Sl1b					
SILURIEN INFÉRIEUR				Schistes avec bancs de quartzite	Sl1a						

Sur la nouvelle carte géologique (à paraître) le Silurien inférieur est composé de la Formation de Sart-Bernard (SBN), constituée de schistes parfois un peu silteux, de la Formation de Vitriaval-Bruyère (VTB), constituée de siltites schisteuses ou gréseuses souvent micacées et renfermant des horizons de grès parfois en gros bancs (décimétriques à métriques), de la Formation de la Basse-aux-Canes (BCN), constituée de siltites souvent micacées et de la Formation de Fosses (FOS), constituée de calcaires, de siltites carbonatées et de schistes tous abondamment fossilifères. Cette formation renferme également un horizon conglomératique à galets de schistes.

III.2.1.1.1.2. Silurien supérieur (SI2)

Le Silurien supérieur est composé uniquement de l'assise supérieur SI2b, constitué de schistes ferrugineux ou quartzeux passant à des psammites avec arkoses et calcschistes.

Sur la nouvelle carte géologique (à paraître) le Silurien supérieur est composé de la Formation de Genicot, constituée de siltites massives à la base suivies de schistes et de siltites renfermant des bancs de grès (au maximum d'épaisseur décimétrique). Le sommet de la formation se termine par un horizon microconglomératique, de la Formation de Dave (DAV), constituée de schistes et de schistes silteux renfermant des paquets plus silteux à fines intercalations gréseuses, de la Formation du Criptia (CRI), constituée de schistes très fins, de la Formation de Naninne (NAN), constituée de couches schisto-gréseuses, de la Formation de Jonquoi (JON), constituée de schistes et de schistes silteux, de la Formation de Thimensart (THM), constituée de schistes et de siltites et de la Formation de Longues Royes (LGR), constituée de schistes silteux riches en imprégnations ferromagnésiennes.

III.2.1.1.2. *Dévonien*

III.2.1.1.2.1. Dévonien inférieur

Le dévonien inférieur est constitué des étages Gedinnien (G), Coblencien (Cb) et Burnotien (Bt).

Sur la nouvelle carte géologique (à paraître) le Dévonien inférieur, formé des étages Lochkovien, Praguien et Emsien, est constitué des Formations de Fooz (FOO, anc. Ga, Gbd), du Bois d'Ausse (BAU, anc. Cb1), d'Acoz (ACO, anc. Cb2), de Wépion (WEP, anc. Cb3) et de Burnot (BUR, anc. Bt).

Ces formations n'apparaissent cependant que sur la bordure nord de l'Allochtone ardennais. Sur la bordure sud du Parautochtone brabançon, ces formations sont absentes.

III.2.1.1.2.1.1. Gedinnien

Le Gedinnien est composé de l'assise Ga, constituée du poudingue *d'Ombret* et de l'arkose *de Dave* et de l'assise Gbd, constituée des psammites et schistes *de Fooz*.

Sur la nouvelle carte géologique (à paraître) ces deux assises sont rassemblées pour former la Formation de Fooz (FOO, étage Lochkovien). Cette formation débute par un conglomérat à galets - millimétriques à pluricentimétriques - de quartz et de tourmaline. Latéralement, ce conglomérat peut passer à un simple grès grossier. Cet horizon graveleux est surmonté de grès arkosiques à intercalations silto-schisteuses. L'épaisseur de ces couches ne dépasse pas la douzaine de mètres. Le reste de la Formation de Fooz est constituée de siltites et de siltites gréseuses, micacées et divisées en plaquettes. Ces siltites sont ponctuées de quelques barres de grès en couches lenticulaires. Son épaisseur est d'environ 190m.

III.2.1.1.2.1.2. Coblencien

Le Coblencien est formé de l'assise Cb1, constituée des grès *du bois d'Ausse*, de l'assise Cb2, constituée des schistes et grès *d'Acoz* et de l'assise Cb3, constituée des grès *de Wépion* et de schistes.

Sur la nouvelle carte géologique l'assise Cb1 constitue la Formation du Bois d'Ausse (BAU, étage Lochkovien), l'assise Cb2 constitue la Formation d'Acoz (ACO, étage Praguien) et l'assise Cb3 constitue la Formation de Wépion (WEP, étage Emsien).

La Formation du Bois d'Ausse, à dominance de grès et d'une épaisseur comprise entre 100 et 300 m, comprend trois membres :

- Le Membre du Bôlia, caractérisé par des bancs de quartzite de forte puissance incorporant de minces lits de siltites et de schistes ;
- Le Membre du Tréko, marqué par une alternance de bancs souvent minces de grès et de siltites ressemblant à la Formation d'Acoz ;
- Le Membre des Masuis, formé de bancs lenticulaires de quartzite séparés par des intercalations de schiste.

La Formation d'Acoz, d'une épaisseur d'environ 300 m, comprend deux membres :

- Le Membre de la Bième, dominé par d'abondante siltites et accessoirement de grès argileux ;
- Le Membre du Ruisseau d'Hanzinne, formé de barres de grès, fins et argileux, alternant avec des siltites. Vers le sommet apparaissent des bancs nettement quartzitiques.

La Formation de Wépion, d'une épaisseur comprise entre 300 et 400 m, est formée de gros bancs de grès quartzitiques à intercalations silto-schisteuses. Il est probable qu'à son sommet, la Fm de Wépion renferme des grès grossiers et des lits graveleux (Membre du Bois Collet), bien présents à Wépion.

III.2.1.1.2.1.3. Burnotien

Le Burnotien est composé de l'assise Bt, constituée du poudingue *de Burnot*, de grès et de schistes.

Sur la nouvelle carte géologique (à paraître) l'assise Bt constitue la Formation de Burnot (BUR, étage Emsien), constituée de siltites, de grès et de poudingues. Le sommet de cette formation contient un conglomérat épais de plusieurs mètres (le poudingue de Burnot). Son épaisseur varie entre 400 et 500m dans la vallée de la Meuse.

III.2.1.1.2.2. Dévonien moyen

Le Dévonien moyen est formé des étages Couvinien (Co) et Givetien (Gv).

Sur la nouvelle carte géologique (à paraître), le Dévonien moyen est constitué des Formations de Rivière (RIV, anc. Coa et Cob), de Nèvremont (NEV, anc. Gva) et le Roux (ROU, anc. Gvb).

III.2.1.1.2.2.1. Couvinien

Le Couvinien est formé de l'assise Coa, constitué de schistes, de grauwacke, de psammites, de grès et du poudingue *de Tailfer* et de l'assise Cob, constitué de grès, de schiste, de macigno à crinoïde et de calcaires.

Sur la nouvelle carte géologique (à paraître) les assises Coa et Cob sont rassemblées et constituent la Formation de Rivière (RIV, étage Eifelien). Cette formation, d'une épaisseur de 17 à 50 m, est divisée en deux membres :

- Le Membre de Rouillon, débutant par un poudingue de galets (poudingue de Naninne) auquel succèdent des grès puis des siltites et des grès argileux à intercalations de calcaires bioclastiques gréseux. Un second poudingue, le poudingue de Tailfer, non présent sur la carte de Tamines – Fosse, est présent sur la carte de Malonne – Naninne ;
- Le Membre de Claminforge, composé de calcaires gréseux, de grès calcaires et de grès argileux à intercalations de schistes.

III.2.1.1.2.2.2. Givetien

Le Givetien est formé de l'assise Gva, constituée de calcaires, et de l'assise Gvb, constituée de psammites, de schistes et du macigno *de Roux*.

Sur la nouvelle carte géologique (à paraître) l'assise Gva constitue la Formation de Nèvremont (NEV) et l'assise Gvb constitue la Formation du Roux (ROU).

La Formation de Nèvremont (Gva), d'une épaisseur comprise entre 17 et 45 m, est constituée de calcaires stratifiés, fins, alternant avec des calcaires plus bioclastiques voir

construits dans sa partie supérieure. Les bancs sont régulièrement séparés par des intercalations schisteuses. La partie médiane de cette formation montre une série calcaire en petits bancs et renferme un intermède argileux.

La Formation du Roux (Gvb) est composé à sa base de couches schisto-gréseuses surmontées de calcaires gréseux et de dolomies fines, parfois gréseuses, puis par quelques bancs de calcaires finement grenus. Son épaisseur varie entre 12 et 34 m.

III.2.1.1.2.3. Dévonien supérieur

Le Dévonien supérieur est constitué des Etages Frasnien (Fr) et Famennien (Fa) tant sur l'ancienne carte de 1901 que sur la nouvelle carte géologique à paraître.

III.2.1.1.2.3.1. Frasnien

Le Frasnien est composé de l'assise Fra, constituée de schistes et de macignos (Assise de Gourdinne), de l'assise Frb, constituée de dolomies (Frby), de calcaires (Frbo), de calcaires construits (Frbp, dit marbre de S^{te}- Anne), de calcaires stratifiés alternant avec des calcaires construits et des schistes (Assise de Gougnyes, Frb), de l'assise Frc, constituée de calcaires construits (dit marbre de Florence, Frcm) et de calcaires stratifiés (Assise de Thy-le-Boudouin, Frc) et de l'assise Frd, constituée de dolomies (Frdy) et de schistes (Assise de Laneffe, Frd).

Sur la nouvelle carte géologique (à paraître) l'assise Fra constitue la Formation de Nismes (NIS), les assises Frb et Frc sont rassemblées et constitue la Formation de Lustin (LUS), l'assise Frdy constitue la Formation d'Aisemont (AIS). Le Frd est groupé avec le Fa1b et constitue la partie inférieure de la Formation de la Famenne (FAM).

La Formation de Nismes (NIS) est composée à sa base de calcaires argileux à oolithes hématitiques surmontés de schistes fins (Fra). A leur sommet, ces schistes renferment des nodules carbonatés contenant à nouveau des amas d'hématite oolithique. Son épaisseur est comprise entre 5 et 8 m.

La Formation de Lustin (LUS) (Frb et Frc) est constituée de calcaires massifs construits (marbre de Saint Anne, équivalent du marbre de « Coulsore »), de calcaires stratifiés et de calcaires noduleux. Son épaisseur varie entre de 56 à 118 m.

La Formation d'Aisemont (AIS) (Frdy), dans la coupe de référence à Aisemont du moins, est constituée de trois unités: sa base est formée de quelques mètres de calcaires stratifiés, son cœur est formé de calcaires argileux et de schistes avec ou sans nodules calcaires et son sommet est formé d'une barre de dolomie pulvérulente. Cette succession n'est pas constante et le premier terme calcaire peut se réduire à presque rien. Son épaisseur est d'environ 17 m.

Le Frd (Fm de la Famenne, FAM) est constitué d'un ensemble de schistes surmontés de petits bancs de grès micacés. Son épaisseur est de 50 m au plus.

III.2.1.1.2.3.2. Famennien

Le Famennien est formé de l'assise Fa1*b* (dite assise de Mariembourg), constituée de schistes, de psammites et d'oligistes oolithiques et de l'assise Fa1*m*, constituée des psammites et schistes d'*Esneux*, formant le Famennien inférieur. Le Famennien supérieur est formé de l'assise Fa2*b* (dite assise de Monfort), constituée de psammites devenant souvent sableuses au sommet et de psammites plus schistoïdes à la base, et de l'assise Fa2*c* (dite assise d'Evieux), constituée de psammites et de schistes alternant avec des psammites feuilletées et micacées passant au sable.

Sur la nouvelle carte géologique (à paraître) les assises sont rassemblées différemment selon que l'on se trouve sur au nord de la Faille du Midi (bordure sud du Parautochtone Brabançon) ou au sud de celle-ci (bordure nord de l'Allochtone ardennais) :

Au nord de la Faille du Midi, les assises Fa1*b* et Frd sont rassemblées et forment la Formation de Falisolle (FAL) constituée de schistes et renfermant à son sommet de plus en plus de fines intercalations gréseuses et quelques bandes de lumachelles riches en brachiopodes. Son épaisseur est de 80-90 m. Le reste des terrains d'âge famennien a été regroupé dans la Formation du Bois des Mouches (BDM, Fa1*m* + Fa2). Ces couches sont formées de grès, de siltites et de schistes. La base est gréseuse et devient plus silteuse vers le sommet. Son épaisseur est d'environ 200 m.

Au sud de la Faille du Midi, les assises Fa1*b* et Frd sont rassemblées et forment la Formation de la Famenne (FAM), constituée de shales. Vers le haut, ces couches passent progressivement aux grès dits famenniens. Son épaisseur est d'environ 50 m.

La Formations d'Esneux (ESN) (Fa1*m* + Fa2*b*) est constituée de grès micacés et de siltites en petits bancs pluricentimétriques. Quelques petites lentilles de grès grossiers s'intercalent dans la masse des grès micacés. Son épaisseur est d'une centaine de mètres sur la carte Biesme - Mettet. Cette épaisseur diminue vers le nord et l'est de cette carte.

La Formations de Ciney (CIN) (Fa2*c*) débute par des gros bancs de grès auxquels succèdent des séries plus finement divisées, rappelant quelque peu la Formation d'Esneux sous-jacente, et recélant des intercalations plus silteuses. La partie supérieure de la Fm de Ciney alterne des siltites et des schistes avec des bancs souvent minces de grès fins fortement micacés. Le sommet de cette formation renferme des intercalations de grès et de siltites rouge brique et les derniers mètres contiennent des bancs de calcaire grossier souvent gréseux. Son épaisseur est de 250 m au moins.

III.2.1.1.3. Carbonifère

Le Carbonifère peut être subdivisé en Carbonifère inférieur ou Dinantien, reprenant les étages Tournaisien (T) et Viséen (V), et le Carbonifère supérieur reprenant le Houillier inférieur (H1) et le Houillier proprement dit (H2).

Sur la nouvelle carte géologique (à paraître) la succession du Tournaisien et du Viséen est différente suivant que l'on se trouve sur la bordure nord de l'Allochtone ardennais ou sur la bordure sud du Parautochtone brabançon (Figure III.2., *Erreur ! Source du renvoi introuvable.*).

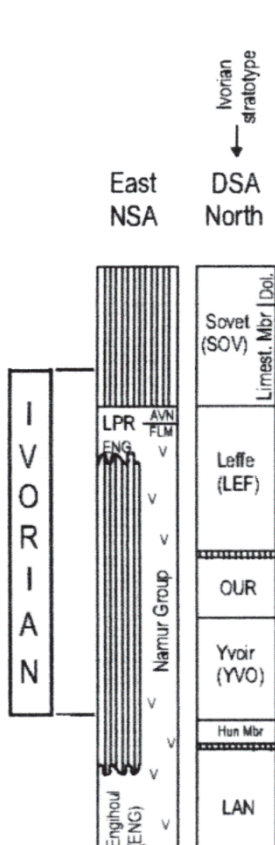


Figure III.2 Stratigraphie du Tournaisien et du Viséen inférieur sur la bordure nord de l'Allochtone ardennais (DSA North) et de la bordure sud du Parautochtone brabançon (NSA) (Hance, Poty & Devuyt, 2006)

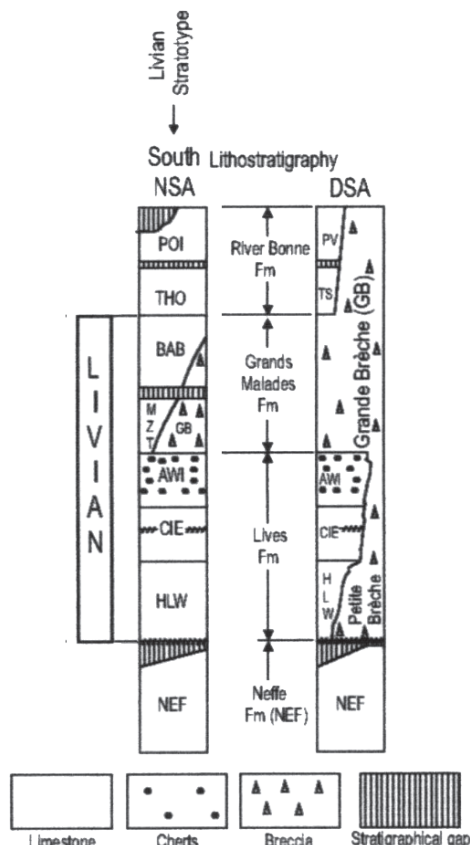


Figure III.3 Stratigraphie du Viséen dans les zones de sédimentation de l'Allochtone ardennais (DSA) et sur la bordure sud du Parautochtone brabançon (South NSA) (Poty, Hance 2006)

III.2.1.1.3.1. Tournaisien

Le Tournaisien est formé de l'assise de Hastière (T1), constituée de calcaires à crinoïdes et calcschistes (T1c) et de dolomies à crinoïdes (T1cy) et de l'assise des Ecaussines et de Waulsort (T2), constituée de dolomies à crinoïdes (T2y) et de calcaires à crinoïdes (T2b).

Sur la nouvelle carte géologique (à paraître) la succession stratigraphique est différente suivant que l'on se trouve sur la bordure sud du Parautochtone brabançon ou sur la bordure nord de l'Allochtone ardennais :

Le T1c inférieur forme le Groupe d'Anseremme (ANS) et se retrouve sur les deux bordures. Le Gr. d'Anseremme est formé de la Fm d'Hastière (HAS) et de la Fm du Pont d'Arcole (PDA). La première est constituée de calcaires crinoïdiques et la seconde est constituée de schistes fissiles. Son épaisseur est de 20 m tout au plus.

Le T1c supérieur forme le Groupe de la Station de Gendron (SGD) formé de la Fm de Landelies (LAN) et du Membre de Hun (HUN). La première est constituée de calcaires crinoïdiques stratifiés dont les joints de stratification sont soulignés par de minces lits de calcschiste. Le second est constitué de calcschistes et de calcaires argileux. Le Mb de Hun est présent uniquement dans les terrains carbonifères de la bordure nord de l'Allochtone ardennais. L'épaisseur du Gr de la Station de Gendron est de 25 à 35 m dont 10 m pour le Mb de Hun.

Sur la bordure nord de l'Allochtone ardennais, l'assise T2 forme les Formations d'Yvoir, d'Ourthe, de Leffe et de Sovet :

- La Fm d'Yvoir, d'une épaisseur de 40 m, est constituée de calcaires alternant avec de fins bancs de calcaires crinoïdiques et riches en coquilles, des cherts se retrouvent à différents niveaux. Une passée d'argiles de 6m d'épaisseur segmente cette formation dans sa partie supérieure ;
- La Fm d'Ourthe, d'une épaisseur d'environ 16 m, est composée de calcaire à crinoïdes ;
- La Fm de Leffe comporte des calcaires stratifiés gris clair avec ou sans cherts clairs. Son épaisseur est fort variable, de 25 à 80 m à Conneux ;
- La Fm de Sovet est constituée à sa base de calcaires surmontée de dolomies. Le sommet de cette formation est formé d'une brèche.

Sur la bordure sud du Parautochtone brabançon, les assises T2 et V1b inférieur (voir plus loin) sont rassemblées et constituent la Formation de Namur (NAM) surtout constituée de dolomies et de calcaires grossiers, crinoïdiques ou oolithiques. Le sommet de cette formation est formé d'une brèche qui n'est pas présente partout. Son épaisseur est d'environ 130 m.

III.2.1.1.3.2. Viséen

Le Viséen est formé de l'assise de Dinant (V1), constituée des Grandes dolomies (V1by) et de l'assise de Visé (V2), constituée de dolomies (V2ay), de calcaires cristallin et de calcaires oolithiques (V2a), de calcaires à cherts noirs (V2b), d'une grande brèche calcaires et de calcaires massifs (V2cx), de dolomies (V2cy) et de calcaires avec couches d'antracite vers le sommet (V2c).

Sur la nouvelle carte géologique (à paraître), la succession stratigraphique est différente selon que l'on se trouve sur la bordure nord de l'Allochtone ardennais ou sur la bordure sud du Parautochtone brabançon :

Sur la bordure sud du Parautochtone brabançon, le V1b inférieur est rassemblé avec le T2 pour former la Formation de Namur, le V1b supérieur constitue la Formation de Terwagne (TER), le V2a constitue la Formation de Neffe (NEF), le V2b et le V2c inférieur sont rassemblés et constitue la Formation de Lives (LIV), le V2c supérieur constitue le Groupe du Hoyoux (HOY).

Sur la bordure nord de l'Allochtone ardennais, la succession est la même mais dans la Fm des Grands Malades seule la Grande Brèche est présente.

La Fm de Terwagne (V1b supérieur) est constituée de calcaires stratifiés localement dolomités. Son épaisseur est d'environ 70 m.

La Fm de Neffe (V2a) est constituée de calcaires peu stratifiés. A la base se trouve des calcaires très grossiers et des lumachelles. Son épaisseur est de 50 à 60 m.

La Fm de Lives (V2b et V2c inférieur), d'une épaisseur comprise entre 150 et 180 m, est constituée de calcaires stratifiés et de brèches. Cette formation peut être divisée en plusieurs membres :

- Le Membre du Calcaire de Lives formé de calcaires stratifiés ;
- Le Membre de la Brèche formé d'une brèche à blocs de calcaire et à ciment carbonaté ;
- Le Membre de Bouffioulx formé de calcaires fins pouvant renfermer des cordons de cherts.

La Fm des Grand Malade comprend trois membres :

- Le Membre de Seilles, épais de 35 à 40 m, est constitué de calcaires bioclastiques principalement. Ce membre passe latéralement au Membre de Maizeret ;
- Le Membre de Maizeret, épais de 35 m, est composé de calcaires en gros bancs, de dolomies, de brèches et de bancs épais de cristaux de calcite (pseudomorphes d'évaporites). La brèche peut dominer et on l'appelle la Grande Brèche ;
- Le Membre de Bay-Bonnet est constitué de 8 m de calcaires stromatolithiques en gros bancs.

Le Gr. du Hoyoux (V2c supérieur) est formé des Formations de Thon-Samson, de Poilvache, d'Anhée et de couches dites « de passage ». Tout ce groupe est constitué de

calcaires. Le sommet de la Fm de Poilvache est souligné par une couche d'argile carbonneuse. Des intercalations de charbon argileux apparaissent à la base et au sommet de la Fm d'Anhée. Son épaisseur est comprise entre 100 à 120 m.

III.2.1.1.3.3. Houiller

L'étage Houiller est formé de l'assise H1a, constituée de phtanites et de schistes siliceux et d'ampélites sans houille, de l'assise H1b, constituée de grès feldspathiques, de schistes et de houille maigre, de l'assise H1c, constituée de poudingue et d'arkose, et de l'assise H2, constituée de schistes, de grès, de psammites et de houille.

Sur la nouvelle carte géologique (à paraître), l'étage du Houiller est constitué par les formations de Chokier, d'Andenne et de Châtelet qui forment le groupe du Houiller :

Le Gr. du Houiller rassemble la totalité des grès, des siltites et des schistes du Silésien. Suivant le niveau stratigraphique, ces terrains sont pourvus ou non de couches de houille. Les formations qui constituent l'étage du Houiller sont d'anciennes assises aux limites imprécises, excepté pour la Fm de Chokier. Son épaisseur est de 800 à 900 m au moins.

III.2.1.2. Cénozoïque

Le tertiaire est représenté par des dépôts de l'Eocène et de l'Oligocène.

III.2.1.2.1. Bruxellien (*Eocène moyen*)

L'étage du Bruxellien est formé de l'assise B, constituée de sables avec des grès.

Sur la nouvelle carte géologique (à paraître) l'assise B forme la Formation de Bruxelles (BXL) et est formée de sables. Son épaisseur est de 10 à 15 m.

III.2.1.2.2. Oligocène

L'Oligocène (O) est formé de l'assise *Om*, constituée de sables fins avec poudingue à la base, de l'assise *Onx*, constituée d'amas de cailloux parfois oolithique, et de l'assise *Ona*, constituée d'argiles plastiques dite d'Andenne.

Sur la nouvelle carte géologique (à paraître), les dépôts de l'Oligocène sont rassemblés dans la Formation de l'Entre-Sambre-et-Meuse (ESM), constituée de sables fins souvent micacés et parfois argileux. Ces dépôts sont localisés dans des poches karstiques des calcaires d'âge Dévono-Carbonifère. Son épaisseur est variable.

III.2.1.3. Quaternaire

Les dépôts quaternaires correspondent aux alluvions modernes des fonds de vallées (AMO).

Le déplacement des méandres de La Sambre et de la Meuse est à l'origine de dépôts alluvionnaires d'assez grandes importances. Ils sont constitués de matériaux sablo-graveleux dans le lit principal du cours d'eau. Dans la plaine alluviale, les dépôts sont plus fins : sables, limons et argiles.

III.2.2 Cadre structural

Les roches de la carte Malonne - Naninne peuvent être divisées en 4 unités qui sont, du nord au sud :

- au nord, le « **Parautochtone brabançon** » comprenant l'essentiel des terrains du bassin houiller (houille, schistes, psammite, grès). Cette unité tectonique recouvre la bordure méridionale du Massif de Brabant. Cet ensemble est assez intensément plissé et découpé par une succession de failles de chevauchement de direction SSW- NNE (non représentée sur la carte de 1901) ;
- au sud du bassin houiller, les « **Ecailles et massifs renversés de Haine-Sambre-Meuse** » composés de la bande de terrains dévono-dinantiens (calcaires carbonifères et psammites famenniennes) et au sud de celle-ci, des terrains ordovico-siluriens, formant une dépression et correspondant à la **Bande calédonienne de Sambre-Meuse**, constituée de schistes « siluriens ». Au nord de cette bande reposent en discordance les couches du Couvinien (Eifelien). Au sud, toujours en discordance, les couches du Gedinnien (Formation de Fooz d'âge Lochkovien). Cette Bande calédonienne est parcourue par la Faille du Midi (non représentée sur la carte de 1901) ;
- au sud de la Bande calédonienne de Sambre-et-Meuse, l'horizon est dominé par les crêtes des bois de la Haute Marlagne, de Dave, de Naninne, de Maillen et de Courrière constituées des terrains éodévoniens (Gedinnien, Coblencien et Burnotien). A la suite de ces terrains apparaissent les synclinaux à cœur carbonifère de Walgrappe et de Lesve). Toutes ces couches forment la bordure nord de « **l'Allochtone ardennais** », nappe allochtone charriée sur le Parautochtone brabançon (bassin houiller) et sur les terrains dévono-dinantiens.

Les structures sont principalement des plis et des failles de charriage. La nouvelle carte géologique a démontré une structuration complexe du fait de la superposition de nombreuses écailles et de failles – notamment la Faille du Midi - non représentées sur l'ancienne carte géologique de 1901. La complexité de la structuration des terrains au droit de la carte Malonne - Naninne est illustrée à la [Figure III.4](#).

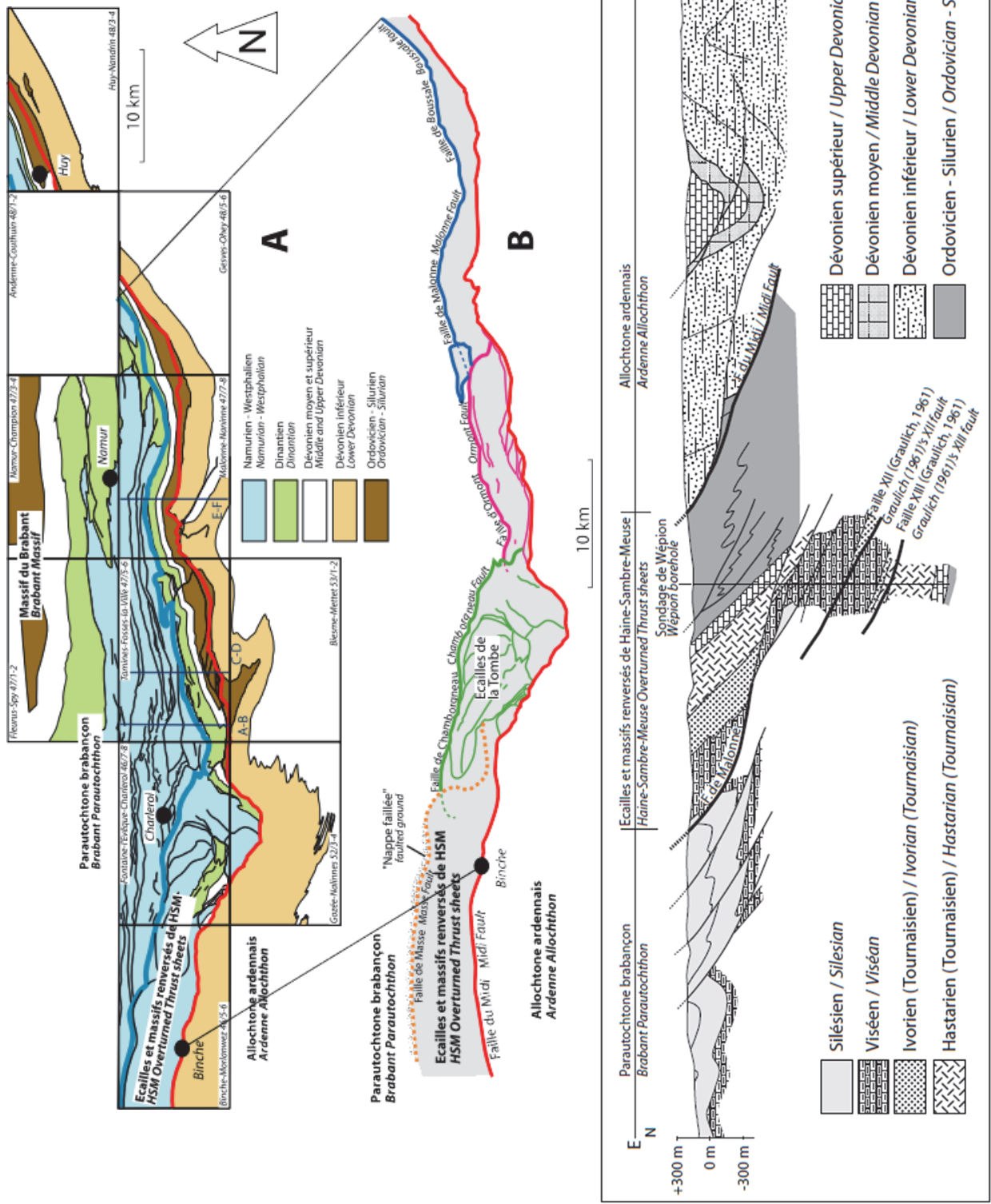


Figure III.4 : En haut : nouvelles cartes géologiques attenantes au front varisque levées jusqu'à la région de Huy avec détail des Ecailles de Haine-Sambre-Meuse. En dessous : coupe nord-sud EF de la carte 4777-8 Malonne – Nainne (Belanger et al., 2012).

IV. CADRE HYDROGÉOLOGIQUE

A l'échelle de la Wallonie (*Figure IV.1*), la carte se situe à cheval sur trois ensembles aquifères principaux : le « Socle cambro-silurien et Massifs schisto-gréseux du Dévonien (Primaire) », les « Calcaires du Primaire » et les « Dépôts du Quaternaire ».

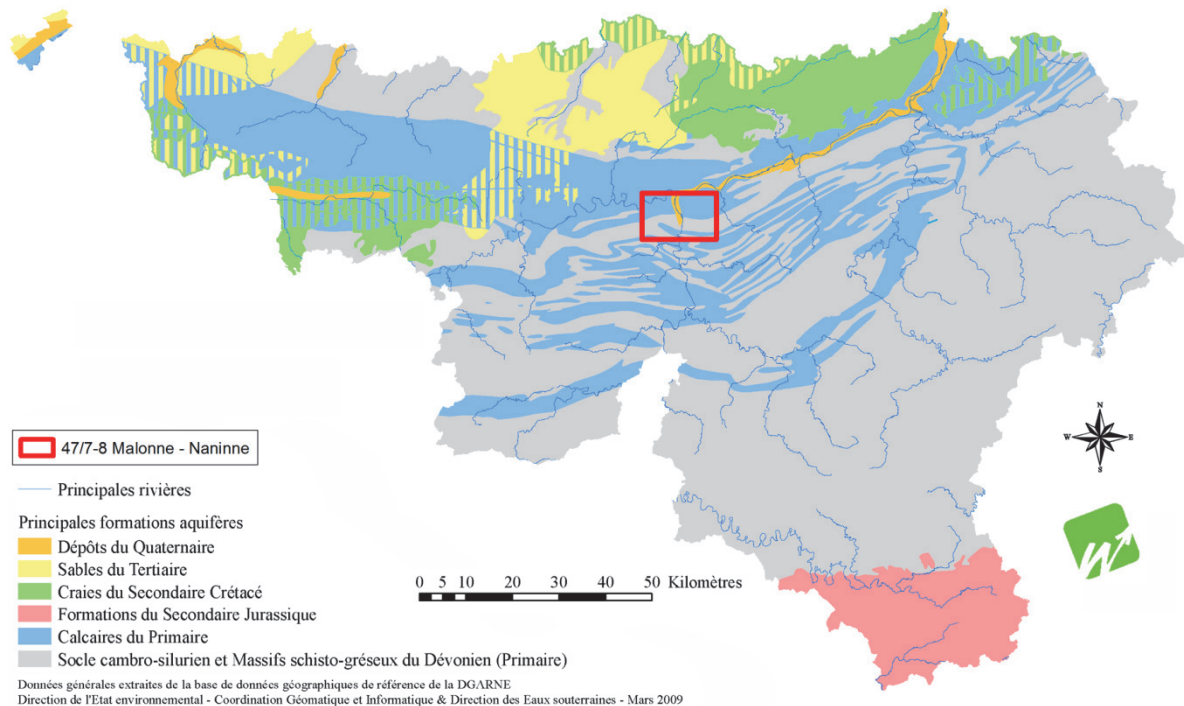


Figure IV.1 : Localisation de la planchette 47/7-8 dans le contexte hydrogéologique de la Wallonie (SPW-DGO 3, 2012)

A l'échelle de la Wallonie, les « Calcaires du Primaire » regroupent les calcaires du Carbonifère et du Dévonien. Les calcaires carbonifères s'étendent depuis la région de Lille, à l'ouest, jusque Namur, puis se prolongent vers Visé en suivant la Meuse. Ces calcaires renferment l'aquifère le plus important en Région wallonne. Les eaux exploitées dans l'aquifère des Calcaires du Primaire alimentent également en partie la région Bruxelloise. Les « Massifs schisto-gréseux du Dévonien » rassemblent les schistes, les phyllades, les grès, les quartzophyllades et les quartzites fissurés du Dévonien. Bien qu'étendu, ils possèdent une faible capacité hydrogéologique en comparaison de la nappe des Calcaires du Primaire. La nappe est contenue dans les zones superficielles, fissurées et altérées, et est souvent captée par drains et/ou par galeries mais aussi par des puits. Les « Dépôts du Quaternaire » regroupent les talwegs de la Meuse et affluents, les Terrasses de la vallée de la Meuse, les Talwegs de l'Escaut et affluents, et les Alluvions tourbeuses de la vallée de la Haine.

Au niveau de la carte Malonne - Naninne, des nappes sont présentes dans toutes les formations géologiques affleurant dans la région. Leur comportement et leur productivité sont

cependant fortement conditionnés par la nature et la structure de la roche dans laquelle l'eau est stockée. C'est pourquoi les formations géologiques sont regroupées en unités hydrogéologiques, chacune étant caractérisée par un comportement hydrodynamique qui lui est propre en fonction de sa lithologie. Trois termes sont utilisés pour qualifier le caractère plus ou moins perméable des formations rocheuses en hydrogéologie (*UNESCO-OMM, 1992*) :

- **Aquifère** : formation perméable permettant d'exploiter de grandes quantités d'eaux souterraines ;
- **Aquitard** : formation semi-perméable dans laquelle l'écoulement se fait à une vitesse plus réduite que dans un aquifère, son exploitation est possible mais de capacité limitée ;
- **Aquiclude** : formation à caractère imperméable dans laquelle on ne peut économiquement extraire 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, sur 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 principalement sur la description lithologique de ces unités. Il est important de noter que la plupart des formations géologiques sont constituées de roches cohérentes dont le potentiel hydrogéologique dépend fortement du degré de fracturation-fissuration et/ou d'altération.

Les failles, fréquemment minéralisées (barite et calcite), peuvent constituer des zones de circulation préférentielles des eaux souterraines, du moins dans les calcaires et les grès.

IV.1. DESCRIPTION DES UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES

Les unités hydrogéologiques définies pour la carte Malonne - Naninne sont décrites ci-dessous dans l'ordre stratigraphique, de la plus ancienne à la plus jeune. Elles sont reprises de manière synthétique dans le [Tableau IV.1](#), présent également sur le poster A0 accompagnant cette notice explicative.

Tableau IV.1 : Tableau de correspondances lithostratigraphie - hydrogéologie de la carte Malonne – Naninne.

ERE	SYSTEME	ETAGE	ASSISE	Lithologie (description de la carte géologique de 1901)	Abréviati on (1901)	Unité hydrogéologique (1901)	Découpage stratigraphique actuel (Delcambre et Pingot, à paraitre)			
							FORMATION	GRUPE/MEMBRE	Abréviation	Epaisseur (m)
QUATERNAIRE	HOLOCENE			Alluvions modernes des vallées	am	Aquifère alluvial	ALLUVIONS RECENTES		AMO	
				Agiles postiques d'Anserme	Ora	Aquifère des argiles de remplissage				
CENOZOIQUE	OLIGOCENE			Arènes de calcaux, sables fins et poudingue à la base	Omx, Om	Aquifère des sables de remplissage	ENTRE-SAMBRE-ET-MEUSE		ESM	Variable
				Sables rudés avec grès fistuleux	B	Aquifère des sables de l'Écône	BRUXELLEN		BXL	10-15m?
	EOCENE	HOULLIER		Schistes, grès, psammites et houilles	H2	Aquifère à niveaux aquifères du Houllier	CHATELET		HOU	800-900m
				Poudingue, Arkoses	H1c					
				Grès ferruginés, schistes, houilles	H1b		ANDEINNE			
				Phanites, schistes siliceux, ampolites	H1a					
				Calcaires avec couches d'anthracite vers le sommet	V2c		CHOKIER			
				Dolomies à gros grains	V2cy					
	CARBONIFERE	VISEEN	Visé	Bèches calcaires et calcaires massifs	V2cx		couche de passages ANHEE POILVACHE THON-SAMSON		HOY	100-120m
				Calcaires à grains cristallins et dolitiques	V2b					
				Calcaires à crinoïdes et calcschistes	V2a		LIVES		LIV	150-180m
				Dolomies	V2ay					
				Calcaires à crinoïdes et calcschistes	V1by		NEFFE		NEF	50-60m
				Dolomies	T2b					
				Calcaires à crinoïdes	T2z		TERWAGNE		TER	+/-70m
				Dolomies à crinoïdes	T1cy					
		TOURNAISIEN	Hastière	Calcaires à crinoïdes et calcschistes	T1c		NAMUR		NMR	4+/-130m
				Psammites, schistes et sables	Faz2c					
				Psammites	Faz2b		MAURENNE		MAU	10+m
				Psammites	Fa1m		LANDELES		LAN	15-20m
				Schistes, psammites	Fa1b		PONT D'ARCOLE		PDA	20m maximum
				Schistes	Frd		HASTIERE		HAS	
				Dolomies	Frdy		CINEY/BOIS DES MOUCHES		CINBDM	au moins 200m
				Calcaires stratifiés	Frc		ESNEUX		ESN	
				Calcaires (Maître Florence)	Frcm		FAMENNE/FALISOLLE		FAMFAL	50m au plus
				Calcaires stratifiés, calcaires coralligènes et schistes calcaireux	Frb		ASEMONT		AIS	17-22m
				Calcaires (Maître de Saint Anne)	Frbp		LUSTIN		LUS	75-80m
				Calcaires	Frbp					
				Dolomies	Frbp					
				Schistes, magnos et oligistes	Fra					
	DEVONNIEN	GIVETIEN		Psammites, schistes et magnos	Gvb		NISMES ROUX		NIS	+/-10m
				Calcaires	Gva		NEVREMONT		NEV	22.5m 55m
				Grès, schistes, magnos et calcaires	Cob		RIVIERE		RIV	80-90m (38.5m claminforages)
				Schistes, grauwackes, psammites, grès poudingues	Cob		BURNOT		BUR	+/-200m
				Poudingues, grès et schistes	Bl		WERION		WEP	200m au plus
				Grès et schistes	Cb3		ACOOZ		ACO	+/-300m
				Grès et schistes	Cb2		BOIS D'AUSSE		BAU	100m
				Schistes et grès	Cb1		FOOZ		FOO	138m 12m
				Psammites et schistes	Gbd					
				Poudingues et arkoses	Ga					
		SILURIEN SUPÉRIEUR		Schistes, passants aux psammites avec arkoses et calcschistes	S12b					
				Schistes avec bancs d'arkose et de calcschiste	S11b		Naninne/Lonquor/Thimessart/Dave/Génicot		NANJ/ONT/TH/MDAV/ GNC	1000m+
		SILURIEN INFÉRIEUR		Schistes avec bancs de quartzite	S11a					
				Schistes	S1a					

IV.1.1 Paléozoïque

D'une manière générale les roches non altérées du Paléozoïque sont des roches cohérentes qui présentent une perméabilité nulle sauf si elles ont été fracturées. Elles présentent alors une perméabilité dite de fissures qui sera proportionnelle à l'intensité de la fracturation. Un autre phénomène se surimpose à la fracturation pour augmenter la perméabilité ou la diminuer : l'altération météorique. En fonction du type de roche, la manière dont cette altération agit sera différente.

Sur les roches carbonatées, telles que les calcaires, l'altération météorique provoquera la dissolution de la roche et aura pour conséquence l'élargissement des fissures et des fractures et aboutira à une augmentation considérable de la perméabilité de fissure primaire.

Sur les autres types de roches, l'altération météorique créera ce que l'on appelle le manteau d'altération. Ce dernier constitue la partie superficielle des roches et est plus ou moins épais. En fonction de la roche de départ, le produit d'altération sera différent. Les schistes s'altéreront en argiles et les grès en sables. Les roches intermédiaires, telles que les psammites, donneront un mélange des deux. D'autres roches telles les quartzites sont très peu altérables. L'altération météorique des roches donne donc une roche plus ou moins **meuble** dont la perméabilité est fonction de la granulométrie des particules qui la constituent ; le [Tableau IV.2](#) en reprend les principales caractéristiques hydrogéologiques.

Tableau IV.2 définition restreinte du type de nappe suivant la granulométrie des roches meubles.

Type	Aquiclude	Aquitard	Aquifère
Granulométrie (Φ)	$\Phi < 4\mu\text{m}$	$4\mu\text{m} < \Phi < 1\text{mm}$	$\Phi > 1\text{mm}$
Porosité efficace	Faible	Moyenne	Elevée
Exemple	Argile	Silt, limon	Gravier, sable

Etant donné le contexte structural de la Belgique, il est évident que toutes les roches du Paléozoïque de la carte Malonne – Naninne sont largement plissées et donc fissurées. Elles présentent donc toutes une perméabilité de fissure.

Au sein des aquifères gréseux fissurés, les sables produits par l'altération météorique augmenteront sensiblement la perméabilité globale de l'aquifère et permettront une filtration de l'eau. Au contraire, les argiles produites par l'altération des schistes auront tendance à colmater les fissures et les fractures et diminueront la perméabilité globale de l'aquifère.

IV.1.1.1. Silurien

IV.1.1.1.1. Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien

Cette unité reprend le SI1a et le SI2b de la carte Malonne - Naninne, principalement constituée de schistes, de schistes silteux, de siltites plus ou moins schisteuses ou gréseuses dont la perméabilité reste faible à très faible, et très minoritairement de calcaires et de grès dont la perméabilité plus importante permet une circulation préférentielle au sein de ces niveaux.

IV.1.1.1.2. Aquitard du socle cambro-silurien

Cette unité reprend le SI1b de la carte Malonne - Naninne, constituée de schistes, d'arkose et de calcschistes dont la perméabilité reste faible. Cependant, d'après la carte située à l'ouest (47/5-6 Tamines – Fosses-la-Ville) et pour laquelle une continuité existe entre les niveaux de SI1b, ce dernier correspondrait aux actuelles formations de Fosses et de la partie inférieure de la Formation de Génicot. Or la Formation de Fosses (FOS) développe des faciès carbonatés qui la rend facilement identifiable ; elle est constituée, notamment, de calcaires, de siltites carbonatées et de schistes. Ces faciès plus carbonatés devraient, globalement, augmenter la perméabilité comparativement au SI1a et au SI2b.

IV.1.1.2. Dévonien

IV.1.1.2.1. Dévonien inférieur

Le dévonien inférieur est composé d'une alternance de nappes de fissures de type aquitard et aquifère, localisées dans la moitié sud de la carte.

IV.1.1.2.1.1. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Cette unité reprend tout le Gedinnien (G), le Coblencien moyen (Cb2) et le Burnotien (Bt).

Le Gedinnien est constitué de roches de perméabilité moyenne : conglomérat, grès arkosiques, de siltites et de siltites gréseuses. Des barres de grès plus perméables s'intercalent, constituant les niveaux aquifères.

Le Cb2 est dominé par des siltites à sa base, le reste est composé de barres de grès fin et argileux alternant avec des siltites et se terminant par des quartzites vers son sommet. Les quartzites bénéficient d'une perméabilité de fissures mais, à l'opposé des calcaires, cette fissuration n'est pas élargie par des phénomènes de dissolution. La perméabilité sera donc proportionnelle à l'intensité de la fracturation. A cela, ajoutons que la fracturation a tendance à se refermer avec la profondeur, ce qui fera diminuer la perméabilité. Les grès, bien que fins et argileux, ainsi que les quartzites constituent les niveaux plus aquifères.

Le Burnotien est constitué de siltites, de grès et de poudingues. La perméabilité des siltites est moyenne, celle des grès et du poudingue un peu meilleure.

IV.1.1.2.1.2. Aquifère à niveaux aquicludes du dévonien inférieur

Cette unité reprend le Coblencien inférieur et supérieur (Cb1 et Cb3).

Le Cb1 est constitué principalement de grès avec des bancs de quartzite, de minces lits de siltite et de schiste. La perméabilité est donc bonne excepté dans les niveaux de schiste où elle baisse significativement. Dans les niveaux quartzitiques la perméabilité aura également tendance à baisser, surtout avec l'augmentation de la profondeur.

Le Cb3 est formé de grès, parfois grossiers à son sommet, et de quartzites à intercalations silto-schisteuses. La perméabilité est donc bonne, excepté dans les niveaux de quartzite ou elle baisse, d'autant plus que les produits de l'altération des intercalations silto-schisteuses auront tendance à boucher les fractures des quartzites.

IV.1.1.2.2. *Dévonien moyen*

IV.1.1.2.2.1. Aquitard de l'Eifelien

L'Aquitard de l'Eifelien est formé par le Couvinien de la carte de Malonne - Naninne.

La partie inférieure de cette unité, composée de grès, de siltites et de grès argileux à intercalations de calcaires gréseux présente une bonne perméabilité dans les niveaux gréseux et de calcaires gréseux. Les niveaux de grès argileux limitent la perméabilité de l'ensemble. La partie supérieure de cette unité est composée de calcaires gréseux et de grès calcaires de bonne perméabilité et de grès argileux à intercalations de schistes de perméabilité plus faible.

IV.1.1.2.2.2. Aquifère des calcaires du Givetien

L'Aquifère des calcaires du Givetien est composé par tout le Givetien. Cette unité est constituée de calcaires. Des niveaux de schistes compartimentent l'aquifère, plus particulièrement dans la partie médiane du Gva. La stratification et la fracturation sont autant de lieux où la dissolution est à l'œuvre, donnant lieu à une plus ou moins forte karstification des calcaires et permettant une excellente circulation des eaux souterraines. La base du Gvb, composée de couches schisto-gréseuses, présente une perméabilité plus faible mais sa partie supérieure, composée de calcaires gréseux, de dolomies plus ou moins gréseuses et de quelques bancs de calcaires, présente une perméabilité nettement meilleure.

IV.1.1.2.3. *Dévonien supérieur*

IV.1.1.2.3.1. Aquiclude du Frasnien

Cette unité est composée des niveaux Fra et Frd. Le Fra est composé de calcaires argileux surmontés de schistes fins. La perméabilité reste faible malgré la présence de calcaires car l'argile issue de l'altération des schistes colmate les fissures des calcaires. Les

schistes de la partie sommitale protègent les calcaires argileux sous-jacents mais la recharge de ces derniers reste faible car l'épaisseur du Fra n'excède pas la dizaine de mètres.

Le Frd, constitué d'un ensemble de schistes surmontés de bancs de grès, présente une perméabilité faible. Les quelques bancs de grès du sommet de cette assise ne constituent pas une réserve suffisante que pour pouvoir être considéré comme un aquifère à part entière.

IV.1.1.2.3.2. Aquifère des calcaires du Frasnien

Cet aquifère rassemble les niveaux Frby, Frb, Frbo, Frbp, Frcm, Frc et Frdy. Les assises Frb et Frc sont constituées de calcaires d'une excellente perméabilité de fissure. Comme pour les calcaires givetiens, la stratification et la fracturation sont autant de lieux où la dissolution est à l'œuvre, donnant lieu à une plus ou moins forte karstification des calcaires et permettant une excellente circulation des eaux souterraines.

L'assise Frdy composée de calcaires, de calcaires argileux et de dolomies présente une bonne perméabilité. Seule la partie médiane de cette assise comporte des schistes qui pourraient compartimenter l'aquifère.

IV.1.1.2.3.3. Aquitard du Famennien

Du fait du levé de Stainier et Malaise (1901) ne dissociant pas les différentes assises du Fa1 et du Fa2, l'Aquiclude du Famennien est composé de l'ensemble du Famennien, composé principalement de schistes et de psammites. Les psammites constitueront les niveaux plus perméables au sein des schistes imperméables, donnant à l'ensemble le caractère d'un aquitard.

IV.1.1.3. Carbonifère

IV.1.1.3.1. Aquiclude-Aquitard-Aquifère de l'Hastarien

L'Aquiclude-Aquitard-Aquifère de l'Hastarien reprend les assises de la partie inférieure du Tournaisien, T1c et T1cy.

Cette unité est composée de calcaires parfois dolomités, de calcschistes et de calcaires argileux. Elle présente une excellente perméabilité du fait de la fracturation et de la karstification. Il faut toutefois noter la présence d'un niveau argileux imperméable au sein des calcaires, les schistes de la Fm du Pont d'Arcole, qui peut compartimenter l'aquifère.

IV.1.1.3.2. Aquifère des calcaires du Carbonifère

L'Aquifère des calcaires du Carbonifère reprend les assises du Tournaisien supérieur et du Viséen. Cette unité est composée de calcaires parfois dolomités et de brèches calcaires. Sa perméabilité est donc excellente du fait de la fracturation et de la karstification.

IV.1.1.3.3. *Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller*

L'Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller comprend toutes les assises du Houiller. Cette unité, composée de grès, de siltites, de schistes et de veines de houille, présente une perméabilité faible à très faible dans les niveaux de schistes et de siltites et une bonne perméabilité dans les niveaux de grès.

IV.1.2 Cénozoïque et Quaternaire

Les unités hydrogéologiques post-paléozoïques sont représentées par des nappes de perméabilité de pores : les sables bruxelliens, les sables de remplissage, les argiles de remplissage et les alluvions modernes.

Pour les sables (Aquifère des sables de l'Eocène et Aquifère des sables de remplissage), leur perméabilité est généralement bonne mais leur extension, si elle est faible, peut en limiter la recharge. Les potentialités de ces aquifères sont donc limitées.

Les argiles (Aquiclude des argiles de remplissage) sont imperméables et donnent des aquicludes. Leurs zones d'affleurement sont signalées très généralement par de petits étangs dans une dépression.

Les alluvions (Aquifère alluvial) des cours d'eau sont de bons aquifères, dont la perméabilité peut cependant varier du fait de l'hétérogénéité des sédiments : chenaux anastomosés, présence de zones sablo-graveleuses, limoneuses ou argileuses.

IV.2. PHÉNOMÈNES KARSTIQUES

Les calcaires dévono-carbonifères de la carte Malonne - Naninne sont, comme la plupart des formations carbonatées que l'on rencontre en Wallonie, plus ou moins fortement karstifiés. En effet, l'intense fracturation de ces roches et la forte solubilité des carbonates (*Quinif, 1999 ; Quinif et al., 2001*) qui les constituent permettent la formation de réseaux de pertes, résurgences, dolines et de cavités souterraines au développement parfois plurikilométrique.

Les massifs calcaires affectés par ces phénomènes karstiques présentent généralement des perméabilités assez élevées du fait du développement des réseaux de fractures. Cela permet généralement d'y exploiter d'énormes volumes d'eau en vue, par exemple, d'une distribution publique. Néanmoins, ces aquifères sont d'une grande vulnérabilité face aux pollutions, que l'origine de ces dernières soit locale ou diffuse. En effet, dans la mesure où les roches surincombantes à ces aquifères ne jouent pas un rôle de filtre ou de protection, les eaux contaminées en surface sont susceptibles d'atteindre très rapidement la nappe en empruntant les réseaux karstiques dont les pertes constituent les principaux points d'alimentation.

Au droit de la carte Malonne - Naninne, ce sont surtout les calcaires d'âge frasnien et givetien qui sont l'objet de phénomènes karstiques de type pertes et résurgences.

Les calcaires carbonifères sont également affectés par une karstification, en témoignent les nombreuses dépressions et dolines répertoriés dans l'Atlas du Karst Wallon (AKWA). La *Figure IV.2* donne la localisation, dans les calcaires du Carbonifère, de ces dépressions et dolines. Cette karstification, bien que moins importante par rapport au calcaires givetien et frasniens, induit une augmentation de la conductivité hydraulique. La présence de la Meuse, niveau de base régional, induira donc un fort rabattement au droit de ces calcaires. Aucun système « perte-résurgence » n'a été répertorié dans cette zone.

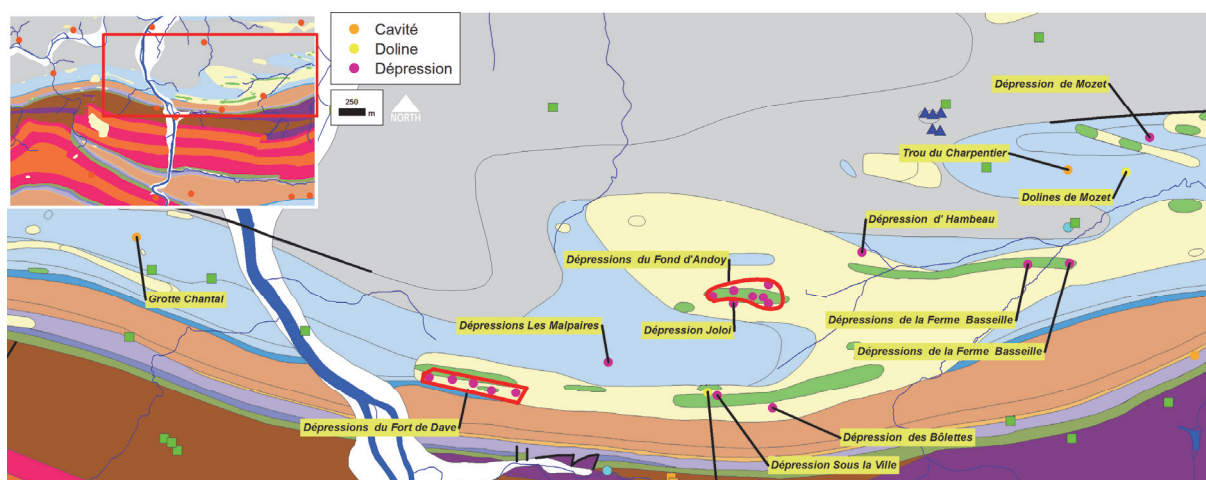


Figure IV.2 Localisation des phénomènes karstiques dans les calcaires du Carbonifère.

Dans ce chapitre, seuls sont présentés les phénomènes liés à des pertes et/ou résurgences situées dans les calcaires du Givetien et du Frasnien. Les données sont issues de l'AKWA qui constitue l'inventaire cartographique le plus récent des sites karstiques et des rivières souterraines de Wallonie (*De Broyer et al., 2002*).

Dans la description qui suit, il se peut que les figures induisent des erreurs de lithologie dans lesquelles sont sis les phénomènes karstiques. En effet, l'ancienne carte géologique de 1901 est peu précise dans certaines parties ce qui aboutit à de nombreuses erreurs lorsqu'on ne considère que cette dernière pour localiser la formation affectée par le phénomène karstique.

IV.2.1 Systèmes karstiques de la carte Malonne - Naninne

Les phénomènes karstiques de la carte de Malonne - Naninne se situent dans les calcaires dévoniens (frasniens et givetien) et sont localisés dans deux zones :

1. le synclinal de Walgrappe au sud de la carte ;
2. le synclinal de Lesve dans le coin SW de la carte.

IV.2.1.1. Le synclinal de Walgrappe

Le système karstique du synclinal de Walgrappe (*Figure IV.3 et Figure IV.4*) se compose de 23 pertes, 9 résurgences et 5 rivières souterraines. L'ensemble des phénomènes karstiques du synclinal de Walgrappe peut être subdivisé en différentes zones :

1. En rive gauche de Meuse :

- le système karstique de la vallée du Beau Vallon sur le flanc nord du synclinal de Walgrappe ;
- le système karstique du vallon sec de Walgrappe sur le flanc sud du synclinal de Walgrappe.

2. En rive droite de Meuse :

- le système karstique du ruisseau de Tailfer sur le flanc nord du synclinal de Walgrappe ;
- le système karstique du Fond de Nismes sur le flanc sud du synclinal de Walgrappe.

IV.2.1.1.1. Vallée du Beau Vallon (rive gauche de Meuse)

Le système karstique de la vallée du Beau Vallon (flanc nord du synclinal de Walgrappe) est composé de 4 pertes (AKWA 47/7-001 et -002, -004z, -005z), 1 résurgence (AKWA 47/8-009z) et 1 rivière souterraine (*Figure IV.3*).

La rivière souterraine du *Beau Vallon* (AKWA 47/7-s3) prend naissance à partir des eaux engouffrées au *chantoir Ghesquière* et au *chantoir du Château* et aurait pour résurgence la *résurgence Parent*. Aucun traçage n'a été réalisé à ce jour mais le débit de cette dernière varie à chaque crue qui s'engouffre dans le *chantoir Ghesquière*. Le temps de réaction est estimé à 3 ou 4 h pour les 2 000 m (*De Broyer et al., 2002*).

IV.2.1.1.2. Vallon sec de Walgrappe (rive gauche de Meuse)

Le système karstique du Vallon sec de Walgrappe (flanc sud du synclinal) est composé de 6 pertes (AKWA 47/7-008z, -010z, -012z, -013z, -014z, -051z), 2 résurgences (AKWA 47/7-017z, -053z) et de 2 rivières souterraines (*Figure IV.3*).

La rivière souterraine du *Tienne Hinrau* (AKWA 47/7-s1) est alimentée par la *Fosse d'Odied* (AKWA 47/7-010z) et le *chantoir des Vivis* (AKWA 47/7-051z) et aurait pour résurgence la *résurgence de Walgrappe* (AKWA 47/7-017z). La rivière souterraine de *Bois-de-Villers* (AKWA 47/7-s2) est alimentée par le *Trou des Nutons* (AKWA 47/7-012z) et le *chantoir de Walgrappe* (AKWA 47/7-014z) et a également pour résurgence la *résurgence de Walgrappe*. Ce dernier écoulement a été vérifié par traçage (*De Broyer et al., 2002*).

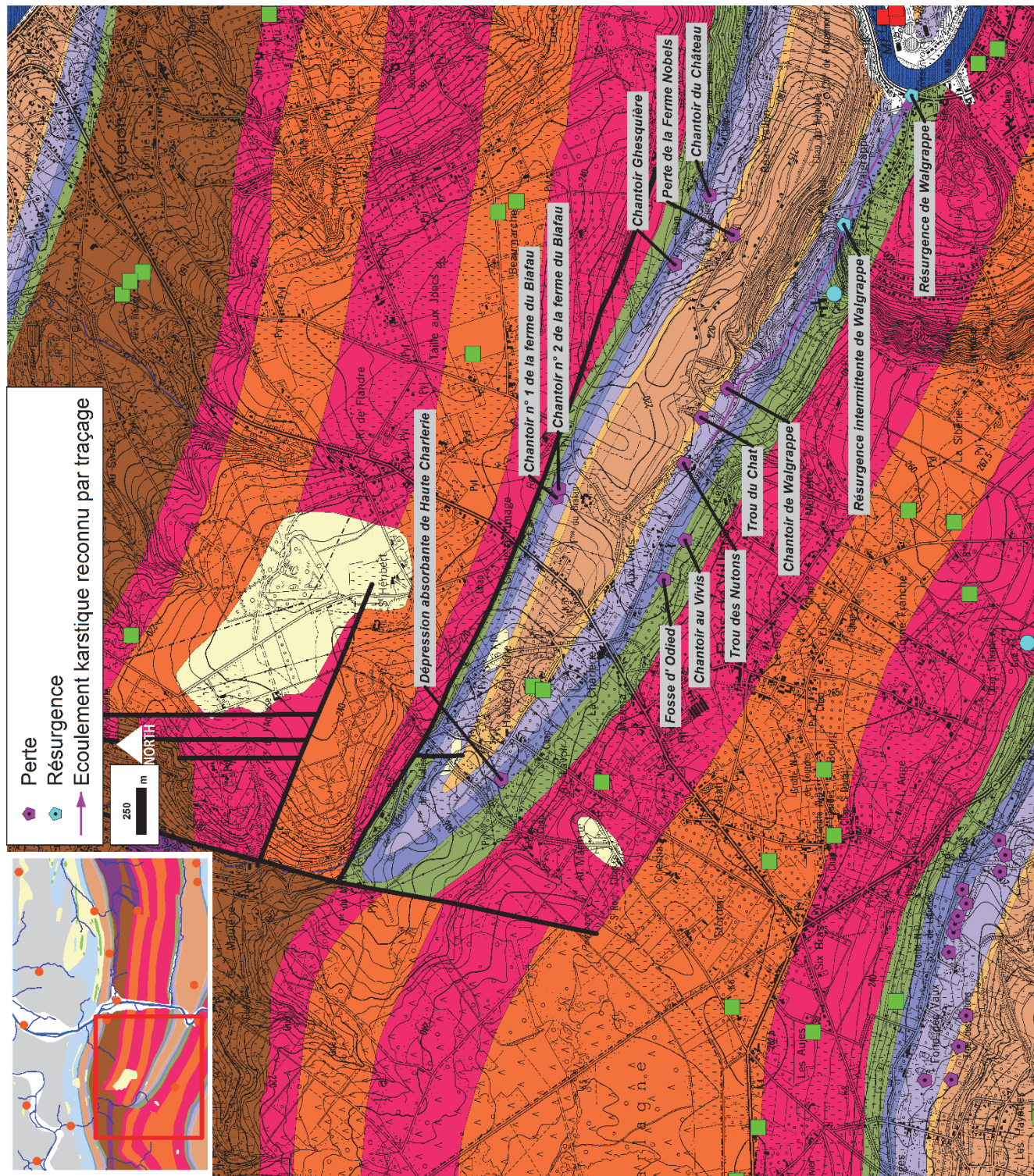


Figure IV.3 Localisation des phénomènes karstiques de la Vallée du Beau Vallon (flanc nord) et du Vallon sec de Walgrappe (flanc sud) en rive gauche de Meuse.

Excepté la *dépression absorbante de Haute Charlerie* (AKWA 47/7-008z), tout le système karstique du Vallon de Walgrappe se situe dans le bassin versant de la Meuse. Cependant, bien que la *dépression absorbante de Haute Charlerie* appartienne au bassin versant de la Sambre, il est fort probable, au vu de la structure synclinal et de l'ennoyage vers l'est de cette dernière, que l'écoulement des eaux s'engouffrant dans cette perte se dirige vers la Meuse, soit vers le SE.

Au sein des calcaires du Dévonien moyen du synclinal de Walgrappe, en rive gauche, les écoulements souterrains se feraient donc du NW vers le SE en direction de la Meuse.

IV.2.1.1.3. Vallon du Ruisseau de Tailfer (Rive droite de Meuse)

Le système karstique du Vallon du ruisseau de Tailfer (en rive droite de Meuse et sur le flanc nord du synclinal de Walgrappe) est constitué de 9 pertes (AKWA 47/8-012z, -024z, -022A, -023A, -021z, -019z, -015z, -014z), 3 résurgences (KWA 47/8-011z, -013z) et 1 rivière souterraine (*Figure IV.4*).

La rivière souterraine de Tailfer (AKWA 47/8-s1), longue d'environ 3 250 m, est alimentée à partir de toutes les pertes du système karstique du vallon du ruisseau de Tailfer et aurait pour exutoires les *résurgences du ruisseau de Tailfer* (KWA 47/8-013z), *de Tailfer* (AKWA 47/8-011z) et une résurgence en Meuse non visible. Aucun traçage n'a été réalisé pour confirmer ces connections mais la *résurgence de Tailfer* réagit rapidement aux crues et arrivées d'eau dans les chantoirs en amont. La rivière souterraine de Tailfer est visible dans la grotte Alexandre (AKWA 47/8-010), grotte à trois étages dont l'étage inférieur est occupé par la rivière et résurge directement dans la Meuse, au nord de la carrière de Lustin.

IV.2.1.1.4. Le Fond de Nîmes

Le système karstique du Fond de Nîmes (flanc sud du synclinal) est constitué d'1 perte (AKWA 47/8-030z) et de 3 résurgences (AKWA 47/8-026z, -025z, -019z) (*Figure IV.4*).

Les traçages les plus récents, réalisés par Cotton (**2014**), montrent qu'il n'existe pas de connexion entre le Trou d'Haquin et la *Résurgence Lucienne* située en rive droite de Meuse sur le flanc nord de l'anticlinal de Lustin. En décembre 1990 un traçage à l'uranine, réalisé par Vanderlinden, a mis en évidence une connexion existant entre le *Chantoir du Fond de Nîmes* (AKWA n°47/8-030z) et la *Résurgence Lucienne* (AKWA n° 47/8-025z). Le temps de 1^{ère} arrivée était de 16 heures.

Les écoulements souterrains dans les calcaires du dévoniens moyen, en rive droite de Meuse, en aval du *Chantoir du Fond de Nîmes* se feraient du SE vers le NW.

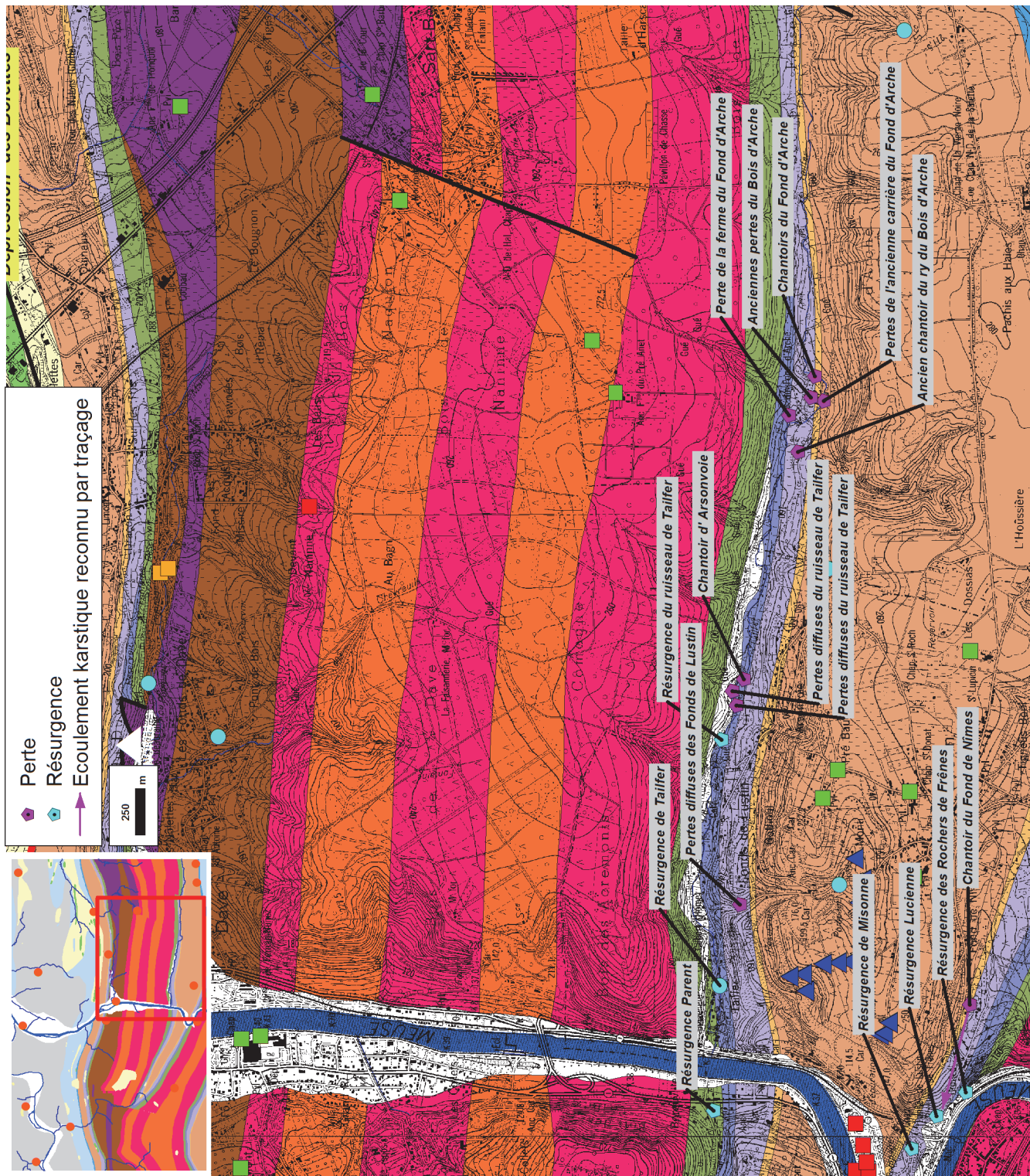


Figure IV.4 Localisation des phénomènes karstiques du Vallon de Tailfer et du Fond de Nîmes en rive droite de Meuse.

IV.2.2 Le synclinal de Lesve

L'ensemble des phénomènes karstiques du flanc sud du synclinal de Lesve appartiennent au réseau karstique du bassin aval du Burnot. Ce réseau concerne l'ensemble des phénomènes karstiques développés dans les calcaires, givetiens et frasniens, du flanc nord de l'anticlinal de Godinne et du flanc sud de l'anticlinal de Lustin (Figure IV.5). Ce système karstique constitue un des plus importants systèmes de pertes-résurgences en Belgique. Il se compose d'un grand nombre de pertes, de trois résurgences ; la « Vilaine Source », la « Résurgence des Bâts » et la « Source Bleue », et de deux rivières souterraines ; les « liaisons n°1 et n°2 de la Lesve souterraine ». La tête de ce réseau se situe sur la carte Tamines - Fosses-la-Ville (47/5-6), traverse le coin sud-ouest de la carte Malonne - Naninne (47/7-8) et se termine sur la carte Bioul – Yvoir, entre les localités d'Arbre et de Rivière (Figure IV.6). Les connexions reconnues par traçage, à ce jour, sont résumées ci-dessous (Backaert, 2013, Michel et Thys, 2013).

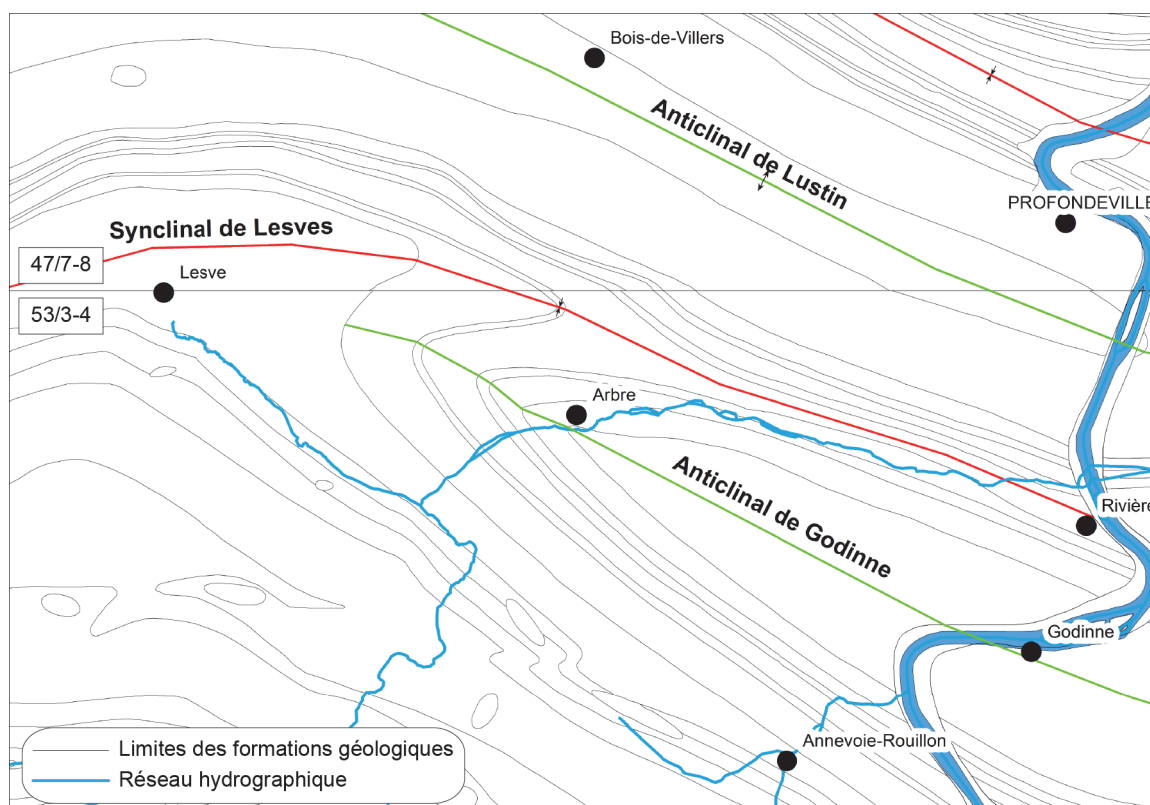


Figure IV.5 : Localisation des axes des anticlinaux de Godinne et de Lustin, de part et d'autre du synclinal de Lesves

IV.2.2.1. La Vilaine Source

Les eaux qui résurgent à la « Vilaine source » proviennent de :

- la « liaison n°2 de la Lesve souterraine » : ce collecteur se situe dans les calcaires frasniens (*Figure IV.6*) et collecte les eaux d'infiltration du vallon sec de Lesve ;
- la liaison souterraine de Normont : ce collecteur se situe dans les calcaires frasniens (*Figure IV.6*) et collecte les eaux d'infiltration du versant nord de la rivière de Normont. *Les phénomènes karstiques de cette liaison sont plus amplement développés dans la notice de la carte Bioul – Yvoir (53/3-4), située au sud de la carte Malonne - Naninne.*

Les eaux qui résurgent à la « Vilaine Source » rejoignent ensuite le Burnot via un ri de quelques mètres, 3 km avant sa confluence avec la Meuse.

La « liaison n°2 de la Lesve souterraine » ainsi que celle du Normont ont fait l'objet de plusieurs traçages (*voir VII.2 Paramètres de transport, p. 101*). Le *Tableau IV.3* résume les points d'injection et les points de sortie des traceurs ainsi que l'auteur du traçage. Les traçages effectués par Backaert (2013) semblent démontrer le rôle de seuil hydrogéologique de la Formation de Nismes, schisteuse, entre les calcaires du Frasnien et ceux du Givetien au niveau du vallon sec de Lesve. Des connexions hydrogéologiques peuvent néanmoins se produire à la faveur de failles. Ces traçages montrent que la « Vilaine source » est, jusqu'à preuve du contraire, uniquement alimentée par la nappe des calcaires du Frasnien.

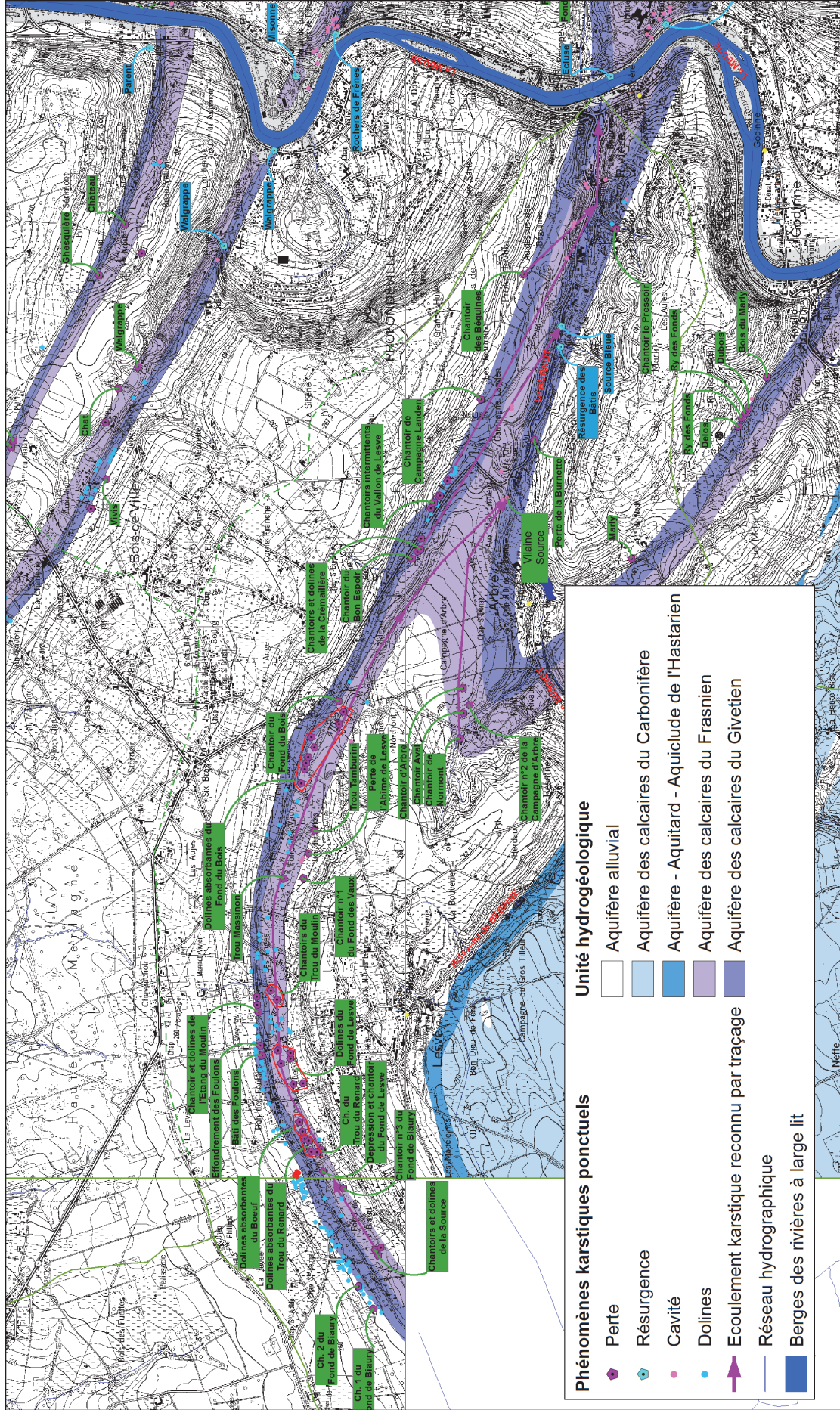


Figure IV.6 : Phénomènes karstiques du système de la vilaine Source.

Tableau IV.3 : tableau récapitulatif des essais de traçages réalisés sur le réseau karstique de bassin de Burnot-Lesve.

Site d'injection	Site d'échantillonnage	Résultat	Référence	Distance (Km)	Temps de première arrivée (Hr)	Année de réalisation
Liaison n°2 de la Lesve Souterraine						
Chantoir du trou du Moulin	Vilaine Source	Positif	Van den Broeck, Martel et Rahir, 1910	/	/	1910
Abîme de Lesve	Vilaine Source	Positif	SSN, 1979	4,0	24	1979
Chantoir du Trou du Renard	Vilaine Source	Positif	Backaert, 2013	5,75	20,5	Janvier 2011
Chantoir du Trou du Renard	Source Bleue	Négatif	Backaert, 2013	/	/	Janvier 2011
Chantoir du trou du Moulin	Vilaine Source	Positif	Backaert, 2013	4,27	17	Janvier 2011
Chantoir du trou du Moulin	Source Bleue	Négatif	Backaert, 2013	/	/	Janvier 2011
Trou Massinon	Abîme de Lesve	Positif	ESB	0,3	0,25	1958
Liaison n°1 de la Lesve Souterraine						
Doline absorbante du Fond du Bois	Vilaine Source	Négatif	Backaert, 2013	/	/	Janvier 2013
Doline absorbante du Fond du Bois	Source Bleue	Négatif	Backaert, 2013	/	/	Janvier 2013
Chantoirs intermittents du vallon de Lesve	Vilaine Source	Négatif	Backaert, 2013	/	/	Janvier 2013
Chantoirs intermittents du vallon de Lesve	Source bleue	Négatif	Backaert, 2013	/	/	Janvier 2013
Chantoir des Béguines	Source bleue	Négatif	Backaert, 2013	/	/	Mars 2013
Chantoir des Béguines	Burnot aval (au niveau du pont)	Positif	Backaert, 2013	/	19,5	Mars 2013
Chantoirs intermittents du vallon de Lesve	Burnot aval (au niveau du pont)	Positif	Backaert, 2013	/	40,5	Mars 2013
Chantoirs et doline de la Crémaillère	Source Bleue	Positif	Delbrouck	1,8	96	1975
Liaison souterraine « Normont-Vilaine Source »						
Chantoir du Normont	Vilaine Source	Positif	Backaert, 2013	1,97	9,25	Février 2013
Chantoir du Normont	Source Bleue	Négatif	Backaert, 2013	/	/	Février 2013

Le [Tableau IV.4](#) donne une brève description de l'atlas du karst wallon (*Michel et Thys, 2013*), d'amont en aval, des phénomènes karstiques présentant un point d'absorption en relation, vérifiée ou probable, avec la « liaison n°2 de la Lesve souterraine ».

Tableau IV.4 : phénomènes karstiques présentant un point d'absorption en relation, vérifiée ou probable, avec la « liaison n°2 de la Lesve souterraine ».

Nom	Description	Carte
Chantoirs et dolines de la Source	Points de pertes intermittents d'un petit écoulement naissant quelques dizaines de mètres en amont. Ce système est bien actif car les pertes ont tendance à remonter vers l'amont. Lors de violentes crues, cette zone peut être complètement inondée.	47/5-6
Chantoir n°3 du Fond de Biaury	Petit chantoir intermittent en rive droite du vallon sec, visible en 2001 mais plus en 2010.	47/5-6
Dépression et chantoir du Fond de Lesve	Dépression prolongeant la dépression du Fond de Biaury ¹ présentant des points d'absorption intermittents. Cette zone est régulièrement inondée et en 2011, les eaux provenant de la dépression du Fond de Biaury se déversaient dans un nouveau chantoir formé à quelques mètres de la rue Culot (30 m en amont du chantoir du Trou du Renard).	47/7-8
Dolines absorbantes du trou du Renard	Quatre vastes dolines de 15 à 60 m de diamètre, certaines sont comblées d'immondices, une autre servait d'évacuation d'eaux usées en 1998. En 2011, une doline de 20 m de diamètre était remplie d'eau, cette dernière s'infiltrant lentement dans le sous-sol.	47/7-8

¹ Cette dépression karstique allongée peut se transformer en lac sur toute sa longueur lors de fortes crues telles que celle de janvier 2011.

Nom	Description	Carte
Chantoir du trou du Renard	Chantoir en bout de vallée aveugle dans laquelle se perd totalement un ruisseau intermittent. Cette dépression servait encore, en 2011, d'exutoire aux égouts communaux.	47/7-8
Dolines du Bœuf	Vastes dépressions absorbantes lors des crues pouvant se remplir d'eau sur 2 à 3 m, via des rejets et des affaissements.	47/7-8
Dolines du Fond de Lesve	Champs de cinq dolines en cuvette avec pertes et effondrements. Dans la doline la plus à l'ouest, un ruisseau provenant d'une zone marécageuse se perd au bout de 20 m. point de perte actif en 2001. Cette zone est bien active et effondrements apparaissent régulièrement. Lors de crues importantes, ces dolines se remplissent et les eaux de débordement se dirigent vers l'aval, en direction du fond du vallon de Lesve et vers l'est (rue des Guinguettes).	47/7-8
Chantoir du trou du Moulin	Chantoirs au fond de deux dépressions avec plusieurs points de perte. Les dépressions peuvent être complètement noyées en périodes de fortes pluies.	47/7-8
Chantoir n°1 du Fond des Vaux	Chantoir intermittent formé de deux petits effondrements au fond d'une doline.	47/7-8
Trou Massinon (ou Trou Piet ou Chantoir de la Coloration)	Profonde dépression aveugle en entonnoir avec un point de perte totale pérenne en son centre.	47/7-8
Champ de dolines du Fond des Vaux	Champ d'une dizaine de dolines en cuvette ou d'effondrement dont certaines sont pourvues d'un point de perte bien marqué. Lors de crues importantes, ces dépressions saturent et l'écoulement se poursuit en aval.	47/7-8
Abîme de Lesve	Ensemble formé, en surface, par une doline, une dépression en entonnoir, une vaste dépression, une perte pérenne et un gouffre donnant sur un réseau souterrain parcouru par une rivière souterraine. En période de crue la dépression peut être complètement noyée.	47/7-8
Trou Tamburini	Chantoir intermittent dans une vaste dépression en forme d'Y. Les écoulements dans les deux branches s'écoulent vers un point de perte au fond de la dépression. Le point de perte peut se boucher donnant lieu au remplissage du fond du trou (petit lac). En 2011, suite aux crues de janvier, un nouveau chantoir s'est ouvert en amont (branche ouest de l'Y) et deux affaissements se sont produits en aval de la perte.	47/7-8
Dolines absorbantes du Fond du Bois	Ensemble de dolines et d'effondrements dont certaines sont absorbantes. Zones bien actives où des dépressions se forment régulièrement.	47/7-8
Trou du Diable (ou chantoir des Malopattes)	Dépression avec perte intermittente donnant sur un ruisseau souterrain.	47/7-8
Chantoir du Fond du Bois	Ancien chantoir intermittent transformé en une vaste mare à caractère insalubre. En périodes de fortes crues, le chantoir sature et les eaux de débordement vont vers le thalweg et remplissent le vallon sec de Lesve.	47/7-8
Doline n°1 du Fond du Bois	Doline avec point d'absorption. Cette dépression récolte toutes les eaux de débordement du vallon sec de Lesve en amont.	47/7-8

En conclusion, les eaux souterraines de l'Aquifère des calcaires du Frasnien du vallon sec de Lesve s'écoulent dans les calcaires frasniens en direction de la « *Vilaine Source* » (carte au sud 53/3-4 Bioul - Yvoir) en suivant la direction des couches géologiques. Les eaux qui résurgent à la « *Vilaine Source* » proviennent donc de la rivière souterraine de Lesve dans les calcaires frasniens (Liaison 2) mais également des eaux infiltrées dans les calcaires frasniens au niveau du « *Chantoir de Normont* », situé au dehors du bassin versant de la « *Vilaine Source* » (Backaert, 2013).

D'après Backaert (2013), la liaison souterraine n°1 de Lesve, s'écoulant dans les calcaires givetiens résurgerait dans le Burnot en aval de la « *Source Bleue* ».

La formation aquiclude de Nismes, présente entre les calcaires frasniens et les calcaires givetiens joue le rôle de barrière imperméable, du moins dans le vallon sec de Lesve car au-delà du Chantoir des Béguines, un ou des accidents structuraux de types failles sont à

l'origine de la connexion entre les eaux souterraines des calcaires givetiens et celles des calcaires frasniens (Backaert, 2013).

IV.3. DESCRIPTION DE L'HYDROGÉOLOGIE RÉGIONALE

IV.3.1 Cadre général

Les nappes d'eau souterraine de la carte Malonne - Naninne appartiennent à 3 masses d'eau (Figure IV.7) : au sud les « Calcaires et grès du Condroz » (RWM021), au centre les « Calcaires du bassin de la Meuse bord Sud » (RWM012) et au nord, superposé à cette dernière, les « Schistes houillers » (RWM015). Ces trois masses d'eau ont été étudiées en détails dans le cadre du projet « Synclin'eau » (SPW-Unamur-Umons et ULg, Brouyère et al., 2009).

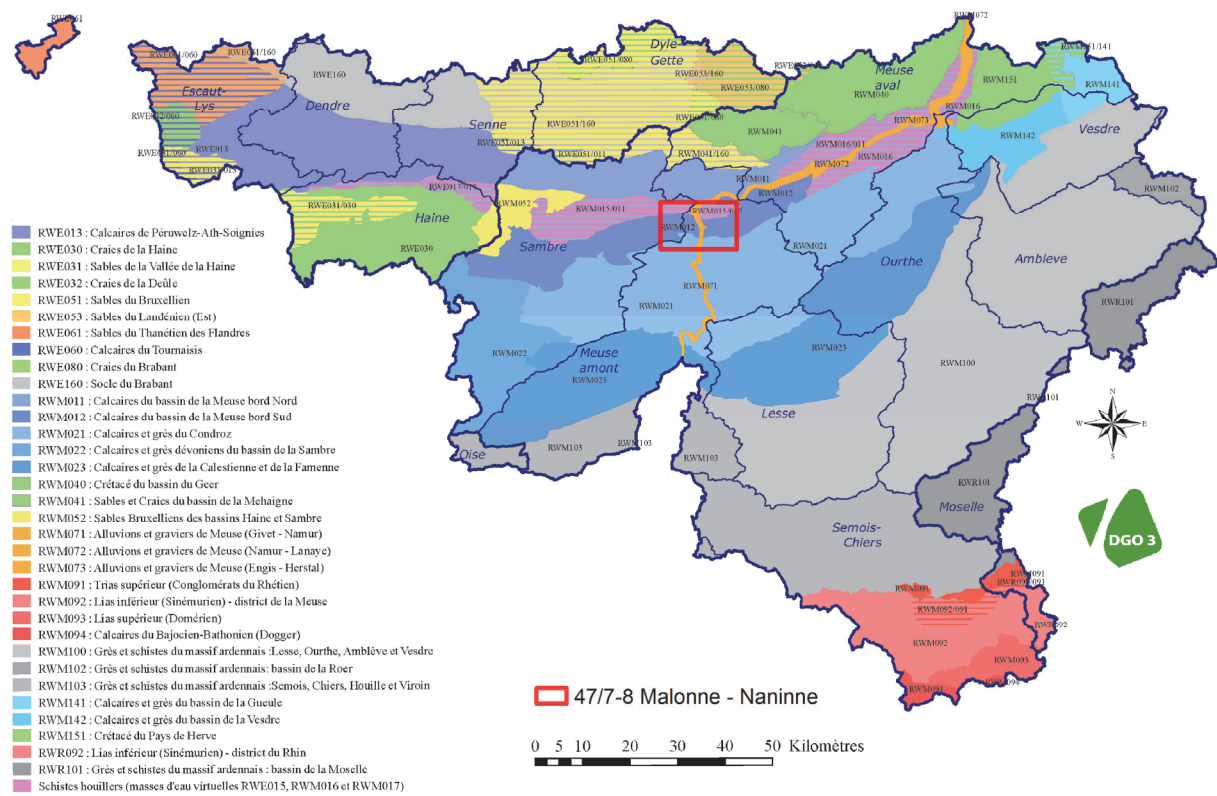


Figure IV.7 : Les différentes masses d'eau de la Région wallonne et localisation de la carte Malonne – Naninne (SPW-DGO 3, 214).

Les ressources en eau souterraine de la carte Malonne - Naninne se composent donc d'un ensemble de nappes contenues dans les roches du socle paléozoïque. Plusieurs types de nappes peuvent être décrits :

- Les nappes de fissures des roches détritiques, plissées et fracturées, du socle paléozoïque appartenant à la masse d'eau RWM021. La partie superficielle de ces roches, désagrégée de manière hétérogène en argile et/ou en sable par l'altération

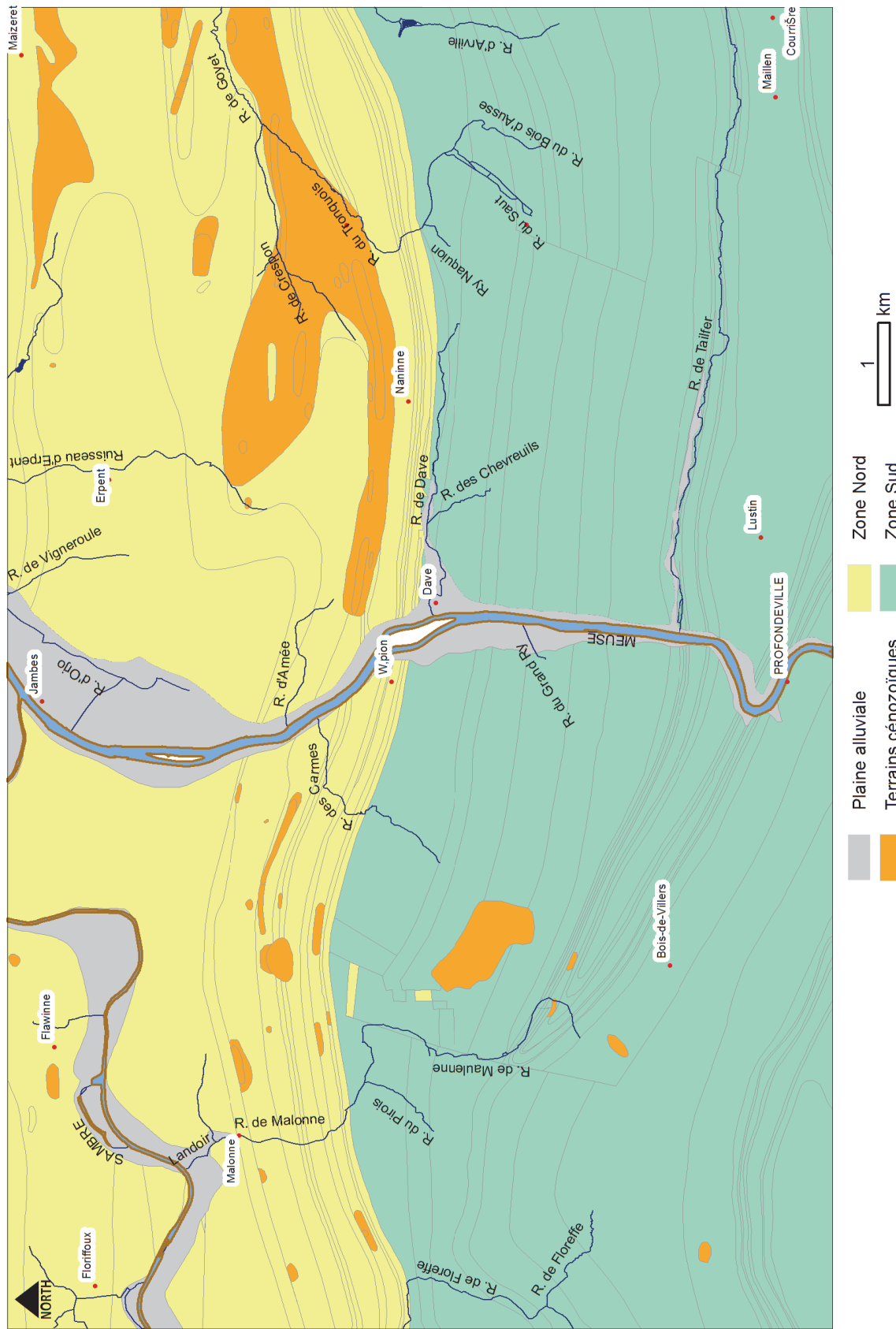
météorique, constitue un manteau d'altération contenant une nappe de porosité de pores ;

- La nappe de fissures des calcaires karstifiés dévono-carbonifères appartenant aux masses d'eau RWM012 et RWM021. Ce sont ces calcaires qui présentent les plus grandes potentialités hydrogéologiques.

L'hydrogéologie de la région de Malonne - Naninne peut se subdiviser en deux grands domaines qui diffèrent d'un point de vue géologique, géographique et géomorphologique (*Figure IV.8*) :

- La **Zone Nord** constituée de la bordure sud du Parautochtone brabançon ;
- La **Zone Sud** constituée des Ecailles et massifs renversés de Haine-Sambre-Meuse et de l'Allochtone ardennais.

La Meuse constitue un élément drainant majeur pour la région, provoquant un rabattement important des nappes souterraines. Son parcours, passant d'une altitude de 104 m à 85 m, du sud vers le nord respectivement, constitue un niveau de base pour les nappes en connexion hydraulique avec elle, à l'est et à l'ouest.



IV.3.2 Recharge des aquifères : le bilan hydrogéologique

Si le calcul des pluies efficaces renseigne sur les potentialités de recharge d'une nappe (pour autant que le ruissellement ait été estimé), la bonne gestion de celle-ci passe par le calcul d'un bilan réalisé soit à l'échelle du bassin hydrographique, soit à l'échelle du bassin hydrogéologique.

L'estimation des quantités d'eau passant par chacune des étapes du cycle hydrologique peut se faire à l'aide d'une équation de bilan appelée "bilan hydrologique". Celui-ci représente le bilan des quantités d'eau entrant et sortant d'un système défini dans l'espace et dans le temps, à savoir l'année hydrologique, période très souvent différente de l'année civile si l'on tient compte, notamment, des périodes d'étiage.

Le calcul du bilan hydrogéologique nécessite la connaissance de nombreux paramètres météorologiques tels que les précipitations, les températures, les vitesses du vent, le degré d'humidité de l'air, le débit des rivières, ...

Pour l'hydrogéologue, les potentialités en eau d'une région sont estimées à partir du calcul des précipitations efficaces (PE). Elles représentent la quantité des précipitations qui, soit ruisselle et va alimenter les cours d'eau, soit s'infiltrer et va recharger le "stock d'humidité du sol" (RFU²) puis les nappes aquifères.

$$PE = P - ETP$$

PE : précipitation efficace

P : précipitation

ETP : évapotranspiration potentielle

L'ETP est un des paramètres importants dans le calcul du bilan. C'est la quantité maximale d'eau qui peut être évapotranspirée par une surface d'eau ou par la végétation lorsque la RFU est disponible à 100 %.

Lorsque les précipitations (P) sont inférieures à l'ETP, l'Evapotranspiration réelle (ETR) est estimée en comparant les quantités de précipitation par rapport à l'évapotranspiration potentielle (ETP) et en tenant compte de la RFU.

Dans les régions chaudes ou en été dans nos régions, les précipitations sont souvent trop faibles par rapport à l'ETP. L'ETR est alors plus faible que l'ETP car la RFU ne parvient pas à compenser le déficit en eau.

Dans nos régions, entre les mois de mai et d'octobre, l'eau utile (EU) est faible sinon nulle. L'EU est la partie des PE qui atteint la nappe, par infiltration, et les cours d'eau, par

² La RFU est la Réserve en eau du sol Facilement Utilisable par les plantes.

ruissellement. Elle n'existe que lorsque la RFU est à sa capacité maximale (souvent estimée à 125 mm). En conséquence, dans nos régions, la recharge des nappes aquifères se fait principalement en automne et en hiver. C'est pourquoi, dans notre pays, ce sont les conditions météorologiques hivernales qui conditionnent la recharge des nappes et donc les ressources en eau souterraine.

Afin de mieux comprendre les fluctuations des niveaux piézométriques, il est donc nécessaire de calculer la quantité d'EU. La méthode de Thornthwaite (*Thornthwaite et al., 1955*) permet de calculer la quantité d'EU pour une région définie, à partir de paramètres météorologiques que sont les précipitations et la température.

Les données moyennes mensuelles de précipitations et de températures de l'IRM et les valeurs d'eau utile calculées pour l'année 2006, pour la station météorologique de Malonne, sont reprises sur la [Figure IV.9](#). L'année 2006 fut une année sèche et un faible volume de précipitations fut disponible pour la recharge des nappes. Sur l'année, 261 mm seulement d'eau utile, soit 32,1 % des précipitations totales, ont pu partiellement recharger les nappes durant les mois de décembre à mars ainsi qu'en mai. Remarquons que les fortes pluies du mois d'août n'ont pas suffi à recharger la réserve utile du sol, fortement épuisée par les mois de juin et de juillet relativement secs.

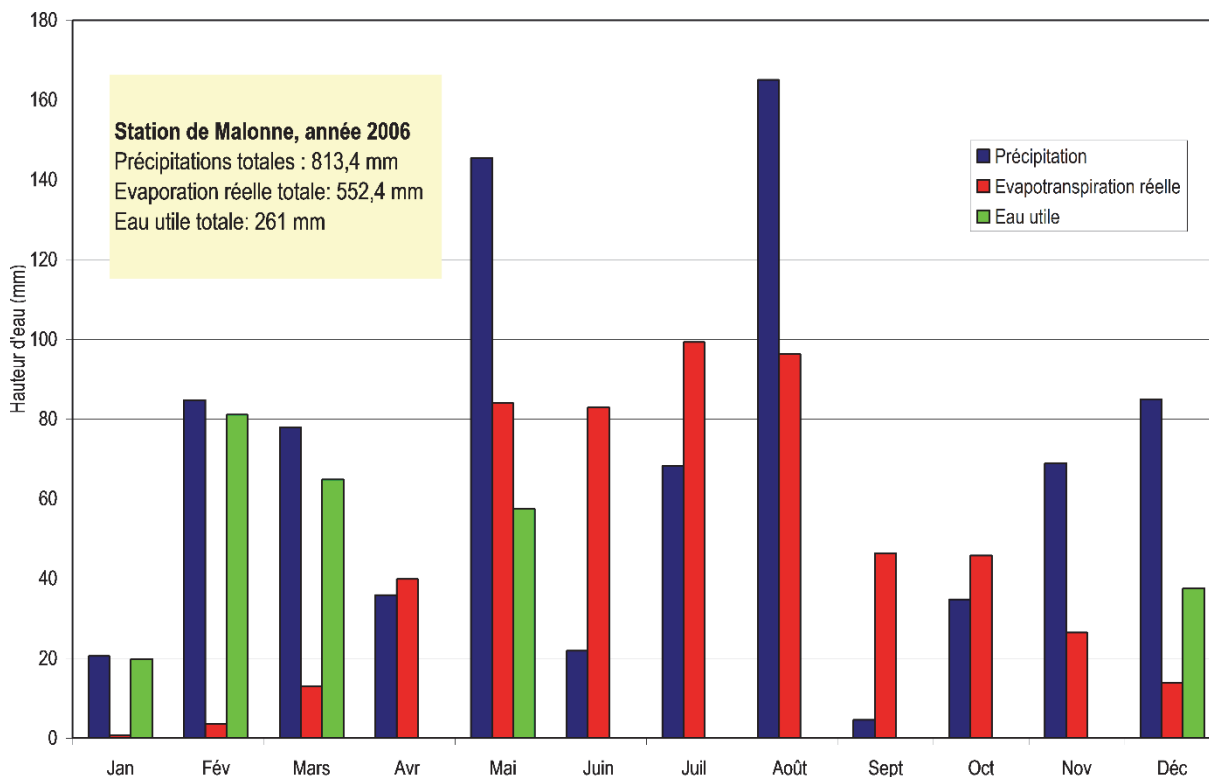


Figure IV.9 Calcul de l'eau utile pour l'année 2006, station météorologique Malonne.

IV.3.3 Evolution piézométrique et sens d'écoulement des différentes unités hydrogéologiques régionales

IV.3.3.1. La Zone Nord

La Zone Nord est principalement formée de l'Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller et de l'Aquifère des calcaires du Carbonifère, captif en bonne partie sous le premier. La bordure sud de ce système est composée de la succession Aquitard du Famennien, Aquiclude du Famennien, Aquifère des calcaires du Frasnien, Aquifère des calcaires du Givetien et de l'Aquitard de l'Eifelien.

Le réseau hydrographique de cette zone (*Figure II.1, p. 5*) comporte deux axes principaux de drainage que sont la Sambre et la Meuse. La Sambre, affluent directe de la Meuse, s'écoule d'ouest en est et la Meuse du sud vers le nord. Les autres cours d'eau principaux de la Zone Nord sont :

- Les affluents directs de la Meuse : le R^{au} d'Erpent, le R^{au} d'Orjo et le R^{au} d'Amée. Ces affluents s'écoulent généralement selon un axe \pm E-W ou N-S pour le R^{au} d'Erpent et d'Orjo qui se jettent dans la Meuse au nord de la carte de Malonne - Naninne, région où la Meuse incurve son cours vers l'Est ;
- Le Landoir, affluent direct de la Sambre. Le Landoir s'écoule du sud vers le nord et se jette dans la Sambre à Malonne ;
- le R^{au} de Crespon et du Tronquoy appartenant au bassin hydrographique du Samson, affluent de la Meuse et s'y jetant à Namèche à l'est de Namur. Le R^{au} de Crespon et du Tronquoy s'écoulent vers l'est et le NE respectivement.

La Meuse, qui recoupe transversalement les formations géologiques, et la Sambre sont drainantes ; elles entraînent un rabattement important dans les formations aquifères et constituent le niveau de base régional.

IV.3.3.1.1. Le bassin houiller

Le bassin houiller, sur la carte de Malonne - Naninne, est formé des schistes et des grès du Groupe Houiller. Il forme un synclinal ouvert qui s'enneige vers l'ouest. Les assises du Houiller sont affectées par une série de plis à plan axiaux inclinés vers le sud et par le passage de failles de charriage. Ces dernières le découpent en une succession d'écaillés qui se chevauchent. Les terrains houillers sont en général peu perméables : seuls les bancs de grès, altérés, fracturés ou faillés peuvent constituer des aquifères locaux. Le manteau d'altération des schistes houillers atteint une épaisseur d'une dizaine de mètres et le produit de cette altération forme des argiles plus ou moins imperméables.

C'est dans ce bassin houiller que s'écoule la Sambre, d'ouest en est. Elle y dessine de nombreux méandres dont certains ont été abandonnés suite à la canalisation du cours d'eau. Son affluent principal est, en rive droite, le Landoir qui s'écoule du sud vers le nord. La Sambre est drainante et influence donc la piézométrie locale. Cependant, cette influence est assez faible du fait des nombreux niveaux imperméables qui composent l'aquifère du Houiller dans lequel elle s'écoule.

Au vu de la lithologie on peut s'attendre à une nappe subaffleurante et les quelques mesures piézométriques ponctuelles prises vont dans ce sens puisque les niveaux mesurés varient en général entre 0 et 4 m de profondeur. Les sens d'écoulement probable devraient donc suivre la topographie et les points d'exutoires de la nappe du Houiller se matérialiser par les cours d'eau et par les sources.

IV.3.3.1.2. *La bordure sud du Parautochtone brabançon*

Les calcaires carbonifères constituent l'Aquifère des calcaires carbonifères et l'Aquiclude-Aquitard-Aquifère de l'Hastarien. Dans ces deux unités, le réseau hydrographique est très peu représenté (*Figure II.1, p. 5*). Excepté la Meuse, le Landoir et une partie du Tronquoy, aucun cours d'eau ne draine cette zone.

Le R^{au} d'Amée en rive droite de Meuse est un cours d'eau temporaire qui ne prend naissance qu'à partir des infiltrations et des ruissellements lors de fortes pluies ou lors de la fonte de neiges importantes. Le R^{au} de Notre Dame au Bois, en rive gauche, prend sa source dans le Houiller et s'écoule dans les calcaires jusqu'à la Meuse. Ce ruisseau doit cependant être infiltrant. En effet, la Meuse constitue le niveau de base de la nappe des calcaires carbonifères et le rabattement y est très important. Des mesures piézométriques ponctuelles (*Figure IV.10*) prises au droit de la nappe des calcaires carbonifères sur le plateau en rive gauche indiquent que la nappe est en équilibre avec la Meuse. Le puits BERLEMONT sis à 151 m d'altitude indiquait au 13/7/06 une surface piézométrique à 64 m de profondeur, soit ± 10 m au-dessus du niveau de base de la Meuse. Le puits LA PAIRELLE sis à 155 m d'altitude indiquait au 1/3/1990 une surface piézométrique à 68 m de profondeur soit ± 10 m au-dessus du niveau de base de la Meuse.

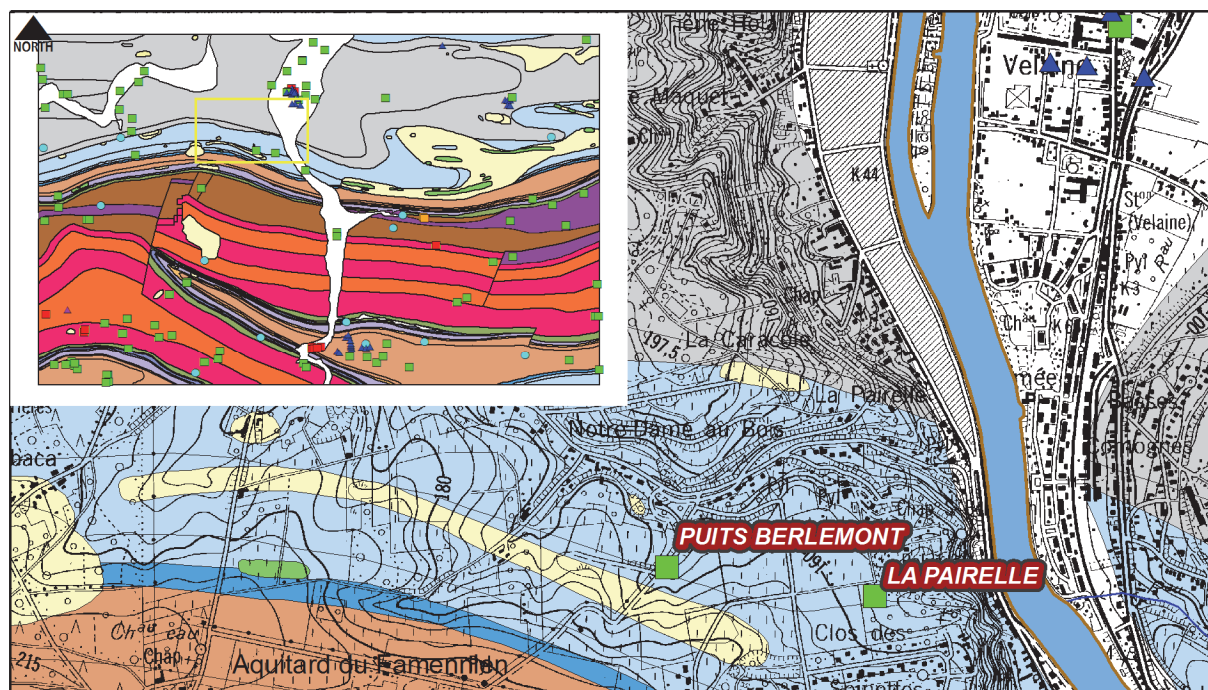


Figure IV.10 Localisation des puits privés BERLEMONT et LA PAIRELLE sollicitant la nappe des calcaires carbonifères.

Les calcaires, de forte conductivité hydraulique, ne présentent pas de perméabilité de pores mais une grande perméabilité de fissures qui varie d'un endroit à l'autre suivant les phénomènes de fracturation puis de dissolution (karstification) dont ils ont fait l'objet. Le réseau hydrographique des calcaires carbonifères est peu développé, et la vallée sèche du R^{au} d'Amée témoigne du caractère perméable de cette zone. Notons que certaines formations sont dolomitisées et peuvent ainsi présenter une meilleure porosité de matrice.

Le sens d'écoulement probable dans les calcaires carbonifères doit se faire principalement selon la direction des bancs, soit selon un axe est-ouest en direction de la Meuse. Vu la grande perméabilité des calcaires il faut s'attendre à ce que les limites des bassins hydrographiques soient décalées par rapport aux limites des bassins hydrogéologiques et que les crêtes hydrogéologiques migrent en fonction de la période des hautes eaux et des basses eaux.

La nappe des calcaires carbonifères est relativement bien protégée des effluents car :

- les schistes houillers et les argiles tertiaires, qui les surmontent, bloquent ou ralentissent les infiltrations ;
- les sables tertiaires, couvrant de grandes étendues à l'est, servent de filtres.

Au sud, l'Aquiclude-Aquitard-Aquifère de l'Hastarien renferme des calcschistes qui peuvent bloquer les infiltrations en provenance de l'Aquitard du Famennien, au sud.

Les principaux exutoires de la nappe des calcaires carbonifères sont la Meuse, le Landoir en rive gauche et le Tronquoy en rive droite.

Plus au sud se retrouve la mince bande des calcaires givetiens et frasniens. Dans ces derniers, il faut s'attendre au même comportement que dans les calcaires carbonifères: un fort rabattement en équilibre avec la Meuse dans le bassin de la Meuse et moindre au dehors. Un écoulement souterrain selon un axe est-ouest, correspondant à la direction des bancs. Au sud de ces calcaires, l'Aquitard de l'Eifelien présente des caractéristiques tampons entre les calcaires et la Bande Calédonienne.

Dans l'Aquitard du Famennien et de l'Eifelien, on doit s'attendre à retrouver le niveau de la surface piézométrique à une profondeur élevée (jusqu'à 30 m). Le fort rabattement induit par la Meuse dans les drains calcaires carbonifères et dévoniens implique une diminution également du niveau piézométrique dans les unités aquitards qui jouxtent directement les unités aquifères calcaires.

IV.3.3.2. La Zone Sud

La Zone Sud est formée de la Bande Calédonienne et de la bordure nord de l'Allochtone ardennais. De même que pour la Zone Nord, les ensembles de ce domaine présentent des caractéristiques hydrodynamiques contrastées fonction des lithologies allant des calcaires aux schistes en passant par les grès et les siltites.

De ce fait, le réseau hydrographique de cette zone présente une densité et une morphologie très variable. Dans la Bande Calédonienne, le réseau hydrographique est fort ramifié, attestant du caractère peu perméable. Au contraire, les zones synclinales sont quasi dépourvues de cours d'eau, témoignant du caractère très perméable de ces secteurs.

Les cours d'eau principaux sont (*Figure II.1, p. 5*) :

- la Meuse et ses affluents directs, La Marlagne, le R^{au} de Tailfer et le R^{au} de Dave, ou indirect, le R^{au} des Chevreuils, appartenant au bassin hydrographique de la Meuse. La Meuse s'écoule du sud au nord et ses affluents généralement selon un axe E-W ou SW-NE pour la Marlagne en rive gauche. En rive droite, le R^{au} des Chevreuils, affluent du R^{au} de Dave s'écoule du SE vers le NW;
- les R^{aux} de Maulenne et du Petit Bois, affluents du Landoir, et le R^{au} de Floreffe appartiennent au bassin hydrographique de la Sambre. Les deux premiers s'écoulent sud vers le nord. Le R^{au} de Floreffe s'écoule d'abord du SE vers le NW puis incurve son cour vers le nord ;

- le R^{au} du Tronquoy et le R^{au} d'Arville, appartenant au bassin hydrographique du Samson, s'écoulent du SE vers le NW dans sa partie amont avant de s'écouler vers le NE pour le premier et du sud au nord pour le second.

La Meuse est drainante et entraîne un rabattement important dans les nappes des aquifères la jouxtant.

IV.3.3.2.1. La Bande Calédonienne de l'Entre-Sambre-et-Meuse

La Bande Calédonienne est principalement constituée de roches de faible perméabilité, schistes et siltites, ce qui entraîne une ramification importante des cours d'eau la parcourant. Tous ces cours d'eau sont généralement drainants et influencent la piézométrie locale. Vu la faible conductivité hydraulique des formations de cette région, la nappe est généralement à faible profondeur et son sens d'écoulement est directement lié au réseau hydrographique et à la topographie. On peut dès lors estimer que les limites des bassins hydrographiques sont proches de celles des bassins hydrogéologiques et que les sens d'écoulement des ruissellements en surface correspondent au sens d'écoulement de la nappe.

La Bande Calédonienne est en dépression par rapport aux terrains du Dévonien. Ceci entraîne que cette zone récolte les eaux de débordement des nappes des terrains dévoniens situés de part et d'autre.

Le puits MOTTE (*Figure IV.11*), d'une profondeur de 7.8 m, a fait l'objet d'un relevé piézométrique le 11/7/2006. La profondeur du niveau piézométrique y était de 4 m.

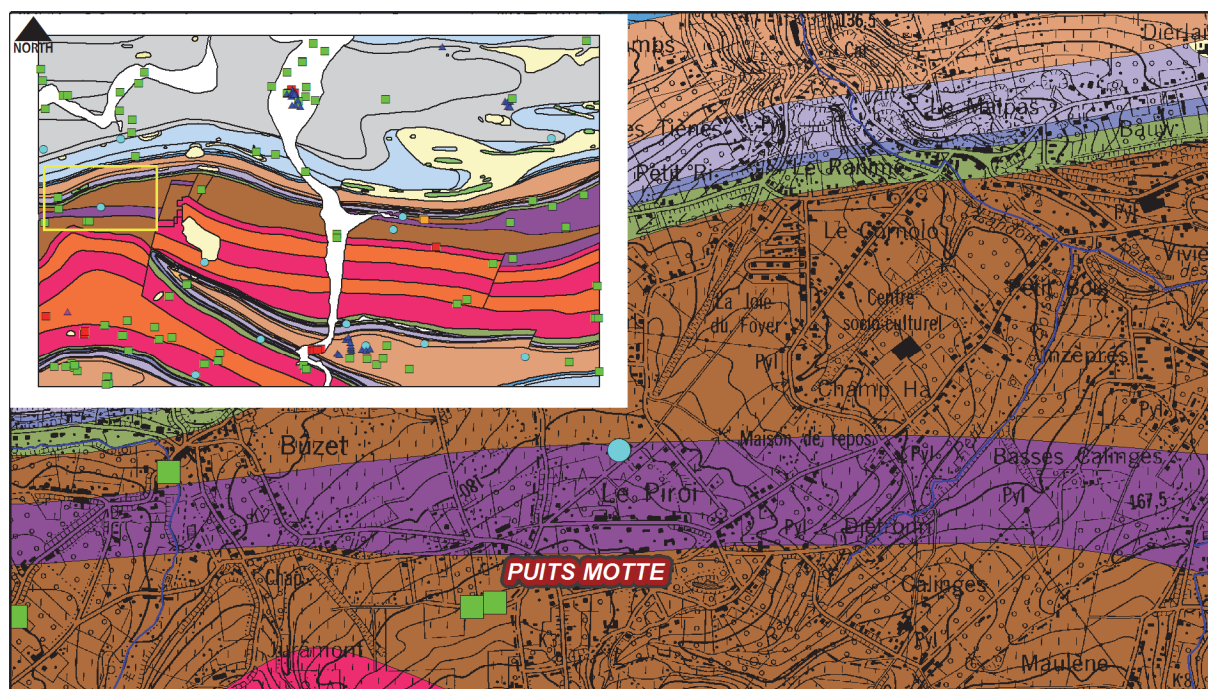


Figure IV.11 Localisation du Puits Motte sollicitant l'Aquiclude à niveau aquifères du socle cambro-silurien.

IV.3.3.2.2. Le Dévonien inférieur

Le Dévonien inférieur forme la bordure nord de l'Allochtone ardennais. Ces terrains, plus résistants, forment une crête au sud de la Bande Calédonienne et encadrent les synclinaux de Walgrappe et de Lesve dont les cœurs, formés de roches plus altérables, sont en dépression.

Les roches du Dévonien inférieur sont des poudingues, des arkoses, des grès et des schistes. Ces terrains peuvent contenir deux types de nappe : la nappe de manteau d'altération logée dans la partie superficielle altérée des roches – de l'ordre de 20 à 30 m en général - et la nappe de fissures, logée plus en profondeur dans les zones fracturées mais non altérées. Les nappes d'altération des grès – constituées de sable - ne sont généralement saturées que si la pluviométrie permet de les recharger fréquemment car elles se vidangent rapidement. Elles constituent cependant de bons filtres et permettent ainsi une relative protection de la nappe de fissures sous-jacente.

L'alternance de niveaux perméables et imperméables donnent naissance à de nombreuses sources (débordement des nappes), alimentant de petits cours d'eau qui fusionnent et « se déversent » *in fine* dans la Bande Calédonienne au nord ou dans les synclinaux de Walgrappe et Lesve au sud.

Les sens d'écoulement probables des nappes du Dévonien inférieur sont en relation avec la topographie et les cours d'eau. On peut dès lors estimer que les limites des bassins hydrographiques avoisinent celles des bassins hydrogéologiques et que les sens d'écoulement des ruissellements en surface correspondent au sens d'écoulement de la nappe.

Les niveaux piézométriques connus pour ces nappes concernent quelques puits de particuliers au nord de Lesve, à Bois-de-Villers et à Sart-Bernard :

- Le Puits BURTON à Lesve ([Figure IV.12](#)) indiquait, au 12/07/2006, un niveau piézométrique de 5 m sous le niveau topographique ;
- Le Puits CANIVEZ à Lesve indiquait ([Figure IV.12](#)), au 12/07/2006, un niveau piézométrique de 6 m sous le niveau topographique ;
- Le Puits RICHIR à Lesve indiquait ([Figure IV.12](#)), au 12/07/2006, un niveau piézométrique de 5 m sous le niveau topographique ;
- Le Puits CORNET à Lesve indiquait ([Figure IV.12](#)), au 23/08/2006, un niveau piézométrique de 6 m sous le niveau topographique ;
- Le Puits MOURMAUX à Lesve indiquait, au 23/08/2006, un niveau piézométriques de 15 m sous le niveau topographique ;

- Le Puits CHANTRY à Lesve indiquait (Figure IV.12), au 23/08/2006, un niveau piézométrique de 8 m sous le niveau topographique ;
- Le Puits SART BERNARD à Lesve (Figure IV.13) indiquait, au 22/02/2006, un niveau piézométrique de 1 m sous le niveau topographique ;
- Le Puits DESCLEE à Lesve (Figure IV.13) indiquait, au 22/02/2006, un niveau piézométrique de 6 m sous le niveau topographique.

Ces valeurs confirment bien que le niveau des nappes est proche de la surface.

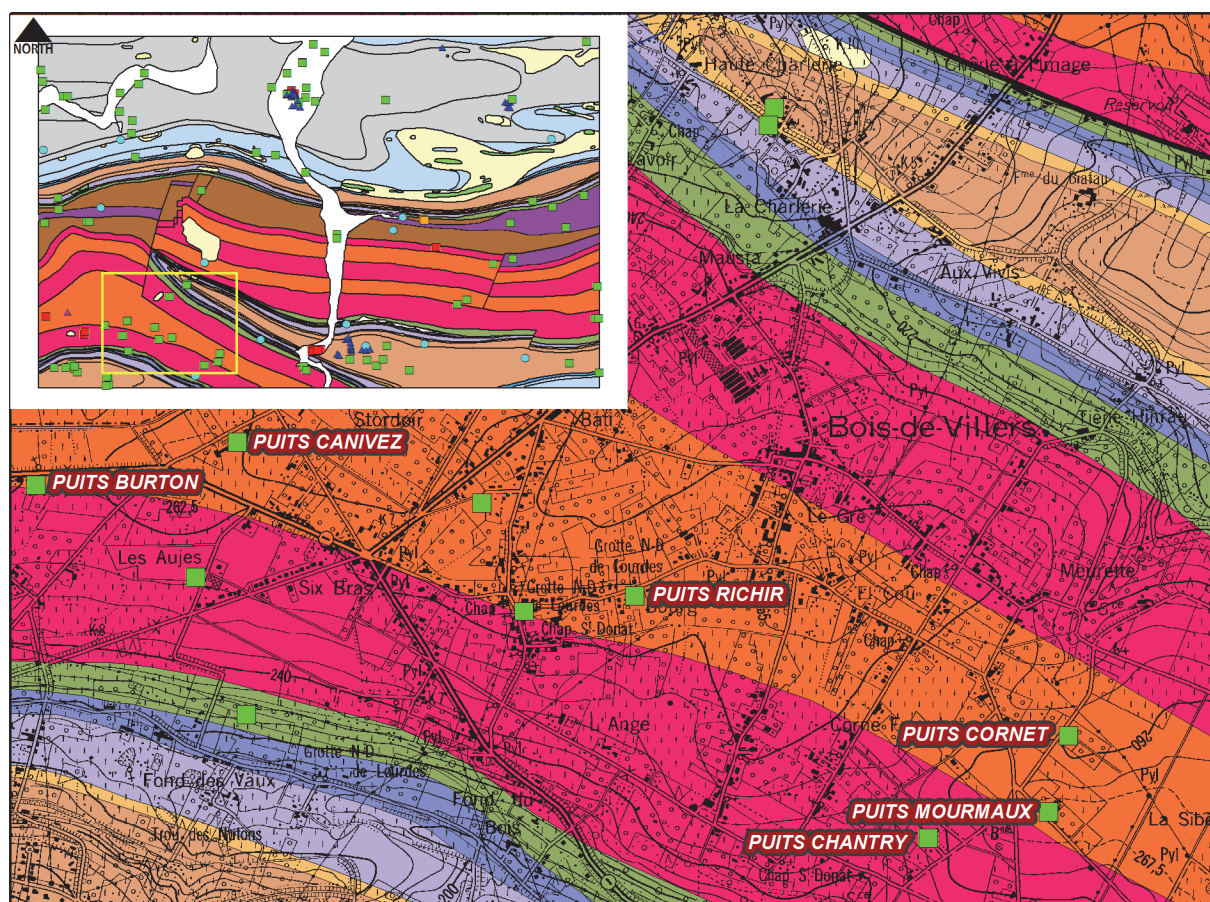


Figure IV.12 Localisation de puits de particuliers sollicitant l'Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur (rose) et l'Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur (orange).

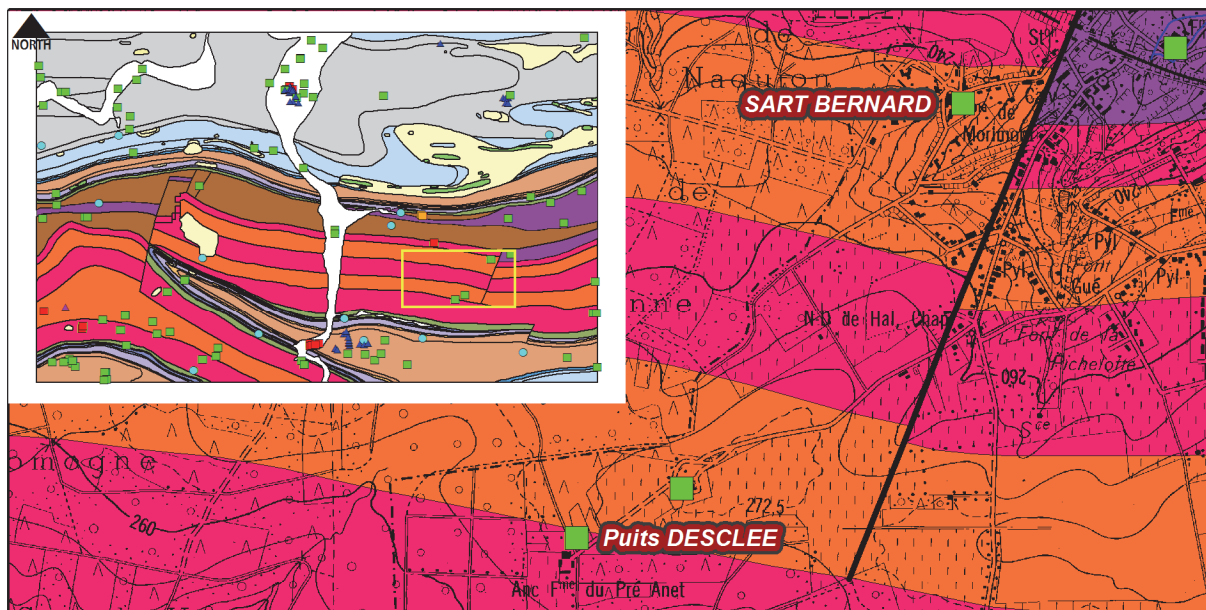


Figure IV.13 Localisation de puits de particuliers sollicitant l'Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur (rose) et l'Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur (orange).

IV.3.3.2.3. Les synclinaux de Walgrappe et de Lesve

Les synclinaux de Walgrappe et de Lesve présentent un cœur de roches schisteuses et gréseuses ceinturées de calcaires karstifiés du Givetien et du Frasnien et de roches détritiques du Couvinien ; grès, psammites, schistes. Ils sont en dépression par rapport aux terrains du Dévonien inférieur les bordant.

Au niveau du synclinal de Walgrappe, les bandes de calcaires givetiens et frasniens sont fortement karstifiées, en témoignent la rareté des cours d'eau et les réseaux souterrains karstiques très importants du vallon sec de Walgrappe, de Beau Vallon, du Rau de Tailfer et du Fond de Nismes, tous accompagnés de rivières souterraines reconnues par les spéléologues. Ces rivières souterraines permettent de juger de la profondeur et du sens d'écoulement de la nappe. En rive gauche, cet écoulement se fait du NW vers le SE et il semblerait que la crête hydrogéologique soit décalée vers le NW par rapport à la limite du bassin hydrographique. Ceci étant probablement lié au fort rabattement induit par la Meuse, à la structure synclinale ennoyée vers le SE et aux drains calcaires induisant une conductivité hydraulique importante faisant migrer la crête vers le NW.

En rive droite, le Rau de Tailfer, alimenté par le débordement des nappes du Dévonien inférieur situées au nord et par le débordement des nappes des roches détritiques famenniennes du cœur du synclinal, est un ruisseau infiltrant dont les eaux s'écoulent de l'est vers l'ouest, tout comme les eaux souterraines infiltrées par les nombreuses pertes localisées le long de son parcours. Dans la bande de calcaires du Fond de Nismes, on note un écoulement souterrain vers la Meuse, du SE vers le NW.

Au niveau du synclinal de Lesve, la bande des calcaires givetiens et frasniens est également fortement karstifiée. Les eaux infiltrées au droit de la bande des calcaires s'écoulent vers le SE, vers la carte de Bioul – Yvoir (53/3-4). Cet écoulement fait partie d'un écoulement souterrain s'étendant depuis la carte de Tamines - Fosses-la-Ville (47/5-6), à l'ouest, et allant jusque sur la carte de Bioul - Yvoir, au sud (*voir Figure IV.6, p. 36*).

Il est important de noter, à nouveau, la présence de la Fm de Nismes, schisteuse, entre les calcaires frasniens et givetiens jouant le seuil hydrogéologique.

On notera la rareté sinon l'absence de sources au droit des assises détritiques famenniennes des cœurs des synclinaux de Walgrappe (surtout à l'ouest) et de Lesve et dans les niveaux du Burnotien (Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur) jouxtant la Meuse, témoignant du fort rabattement induit par cette dernière allié aux drains que constituent les niveaux karstifiés du Givetien et du Frasnien. A proximité de la Meuse, il faudra donc s'attendre à retrouver une surface piézométrique nettement plus basse qu'en des conditions « normales », au droit des aquitard et aquiclude du Famennien, de l'Aquitard de l'Eifelien et de l'Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur (Burnotien). Les puits des particuliers, de faible profondeur, installés au droit de ces zones s'alimentent probablement dans la nappe du manteau d'altération.

Des niveaux piézométriques ponctuels relevés dans plusieurs puits nous donnent une idée de la profondeur à laquelle la nappe superficielle d'altération est susceptible d'être rencontrée dans l'Aquitard du Famennien :

- Le piézomètre PR2 LUSTIN à Lustin (*Figure IV.14*) indiquait, au 9/8/2005, un niveau piézométrique de 11 m sous le niveau topographique ;
- Le piézomètre PR1 LUSTIN à Lustin (*Figure IV.14*) indiquait, au 9/8/2005, un niveau piézométrique de 7 m sous le niveau topographique ;
- Le Puits D'HOINE à Lustin (*Figure IV.14*) indiquait, au 17/7/2006, un niveau piézométrique de 3 m sous le niveau topographique ;
- Le Puits BRIOT à Lustin (*Figure IV.14*) indiquait, au 17/7/2006, un niveau piézométrique de 11 m sous le niveau topographique ;
- Le Puits DOOREMONT à Lesve (*Figure IV.15*) indiquait, au 14/7/2006, un niveau piézométrique de 2 m sous le niveau topographique ;
- Le Puits NAMECHE à Lesve (*Figure IV.15*) indiquait, au 01/01/2006, un niveau piézométrique de 4 m sous le niveau topographique ;
- Le Puits DAWAGNE à Lesve (*Figure IV.15*) indiquait, au 14/7/2006, un niveau piézométrique de 6 m sous le niveau topographique.

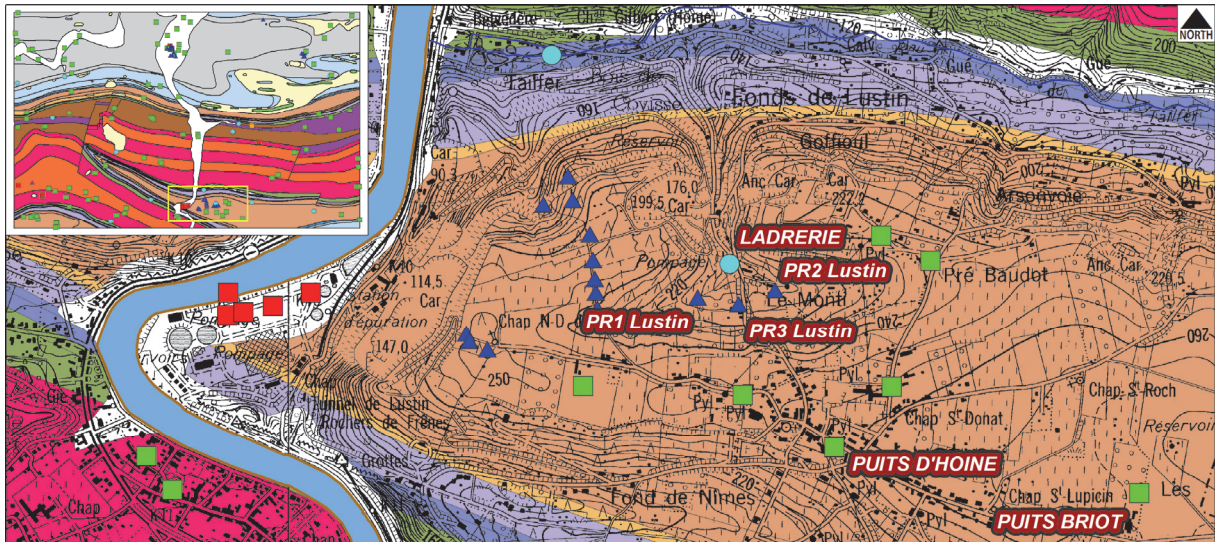


Figure IV.14 Localisation d'ouvrages sis dans l'Aquitard du Famennien.

Un niveau piézométrique ponctuel relevé dans le puits SIMON STEVENNE (Figure IV.15) sollicitant l'Aquitard de l'Eifelien à Lesve donnait au 12/07/2006 un niveau piézométrique de 5 m sous le niveau topographique.

Une fois de plus, ces valeurs confirment la présence d'une nappe proche de la surface lorsque les formations géologiques sont classifiées comme aquitard ou aquiclude.

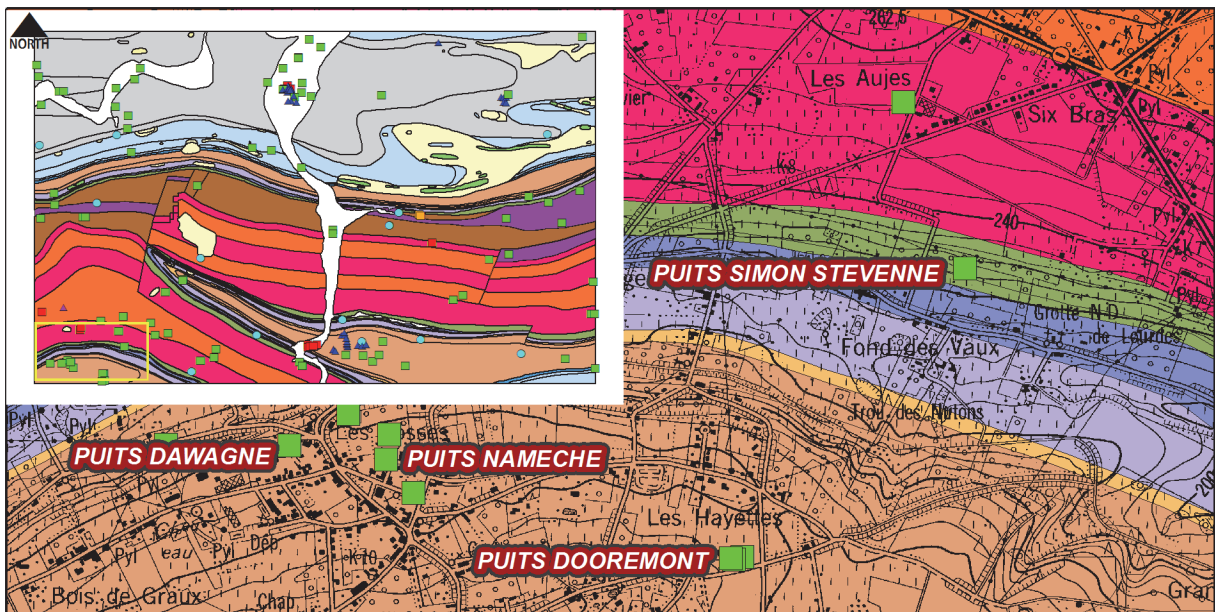


Figure IV.15 Localisation de puits de particuliers sollicitant l'Aquitard du Famennien et l'Aquitard de l'Eifelien (Puits SIMON STEVENNE).

IV.3.3.2.4. Le cœur carbonifère du synclinal de Walgrappe

Sur le flanc nord de ce synclinal, les écoulements se font très probablement du NE vers le SW. Plus d'informations sont disponibles pour ce synclinal, dans la notice Bioul – Yvoir

(53/3-4) grâce à des mesures de niveaux piézométriques, des essais de pompage et des traçages réalisés sur les piézomètres forés dans le cadre de la délimitation des zones de prévention du captage de Crupet (BCG, 2006).

IV.3.3.3. Conclusions

Les niveaux piézométriques les moins profonds (nappe affleurante à subaffleurante) s'observent généralement dans les terrains de faible perméabilité (aquifères schisto-gréseux du Houiller, du Famennien, du Frasnien et du Dévonien inférieur). Les niveaux les plus profonds (20 à plus de 40 m) sont mesurés dans les terrains de perméabilité plus élevée (aquifères des calcaire du Dévonien moyen et du Carbonifère).

IV.4. COUPES HYDROGÉOLOGIQUES

Afin de mieux comprendre la structure géologique de la région de Malonne - Naninne et de mieux visualiser l'allure du tracé piézométrique, une coupe géologique et une coupe hydrogéologique ont été réalisées (*Figure IV.17*). Le trait de coupe, orienté NNE-SSW, est situé à l'ouest de la Meuse entre cette dernière et Bois-de-Villers (*Figure IV.16*). Sa position a été choisie afin que la coupe soit représentative de la géologie (structures et lithologies) et de l'hydrogéologie (unités hydrogéologiques et piézométrie) de la zone cartographiée. Nous mettons cependant le lecteur en garde à la lecture de cette coupe établie sur la base de la carte géologique de 1901 et qui n'est qu'une vision schématique de la situation structurale de cette région.

Le tracé de la coupe traverse, du nord au sud, la bordure sud du Parautochtone brabançon, les Ecailles et massifs renversés de Haine-Sambre-Meuse comprenant la Bande Calédonienne de Sambre-et-Meuse et les terrains du Dévonien inférieur de la bordure nord de l'Allochtone ardennais matérialisée par le synclinal de Walgrappe et l'anticlinal de Justin. Les structures rencontrées y sont très clairement mises en évidence (*Figure IV.17*) :

- Au nord, le bassin houiller, vaste bassin complexe dont la bordure nord présente un pendage subhorizontal et la bordure sud un pendage subvertical, voir renversé ;
- La dépression liée à la Bande Calédonienne du Condroz formée d'assises pélitiques ;
- La crête topographique liée aux terrains du Dévonien inférieur ;
- Le synclinal de Walgrappe, en dépression suivit de l'anticlinal de Justin, surélevé car formé de roches du Dévonien inférieur.

La piézométrie a été estimée sur base des niveaux piézométriques pris lors de la réalisation de cette carte en 2006, des exutoires proches de la coupe, des lithologies et des phénomènes karstiques. Dans les aquifères, le niveau des nappes est d'autant plus rabattu que la conductivité hydraulique est forte et que, dans les cas des aquifères calcaires, des phénomènes karstiques y sont observés. Dans les aquicludes et aquitards, du fait d'une (très) faible conductivité hydraulique, le niveau piézométrique est subaffleurant ou à maximum 10 m de profondeur.

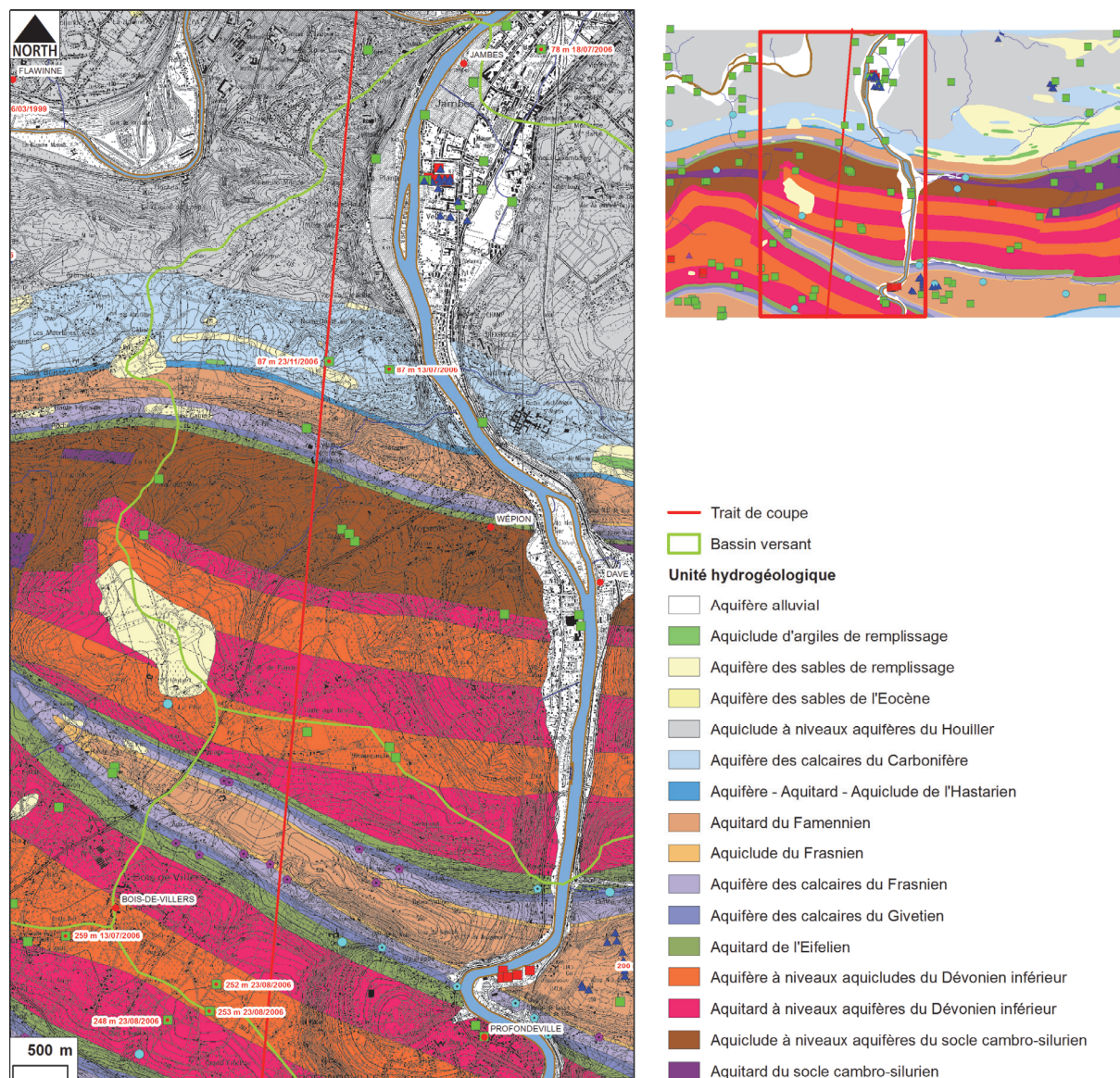


Figure IV.16 : Localisation du trait de coupe nord-sud sur la carte 47/7-8.

Sur la carte de Malonne - Naninne, la Meuse est drainante et induit un rabattement important, surtout dans les nappes des calcaires. Une mesure prise dans le puits BERLEMONT (Figure IV.10) localise la surface piézométrique à 64 m de profondeur à une

distance à vol d'oiseau de 900 m de la Meuse, soit environ 10 m au-dessus du niveau de cette dernière.

De la même façon, dans les calcaires givetiens et frasniens entourant le synclinal de Walgrappe, du fait de la Meuse et de la conductivité hydraulique décuplée par l'importante karstification, il faut s'attendre à une surface piézométrique en équilibre avec la Meuse, quelques mètres à peine au-dessus du niveau du lit de cette dernière. Sur les crêtes topographiques, le rabattement pourrait donc atteindre plus de 100 m.

Dans l'Aquitard du Famennien jouxtant les calcaires carbonifères et frasniens, le niveau piézométrique peut être nettement rabattu – au moins 30 m - comparé aux niveaux piézométriques traditionnellement rencontrés dans ces types de lithologie, de l'ordre de la dizaine de mètres.

De même, l'Aquitard de l'Eifelien jouxtant l'Aquifère des calcaires du Givetien, joue le rôle de seuil hydrogéologique entre les calcaires fortement rabattus et les unités nettement moins perméables et moins rabattues de la Bande Calédonienne dans la Zone Nord et du Burnotien dans la Zone Sud. Il faudrait donc s'attendre à retrouver la surface piézométrique à des profondeurs plus importantes que celles rencontrées généralement dans un aquitard.

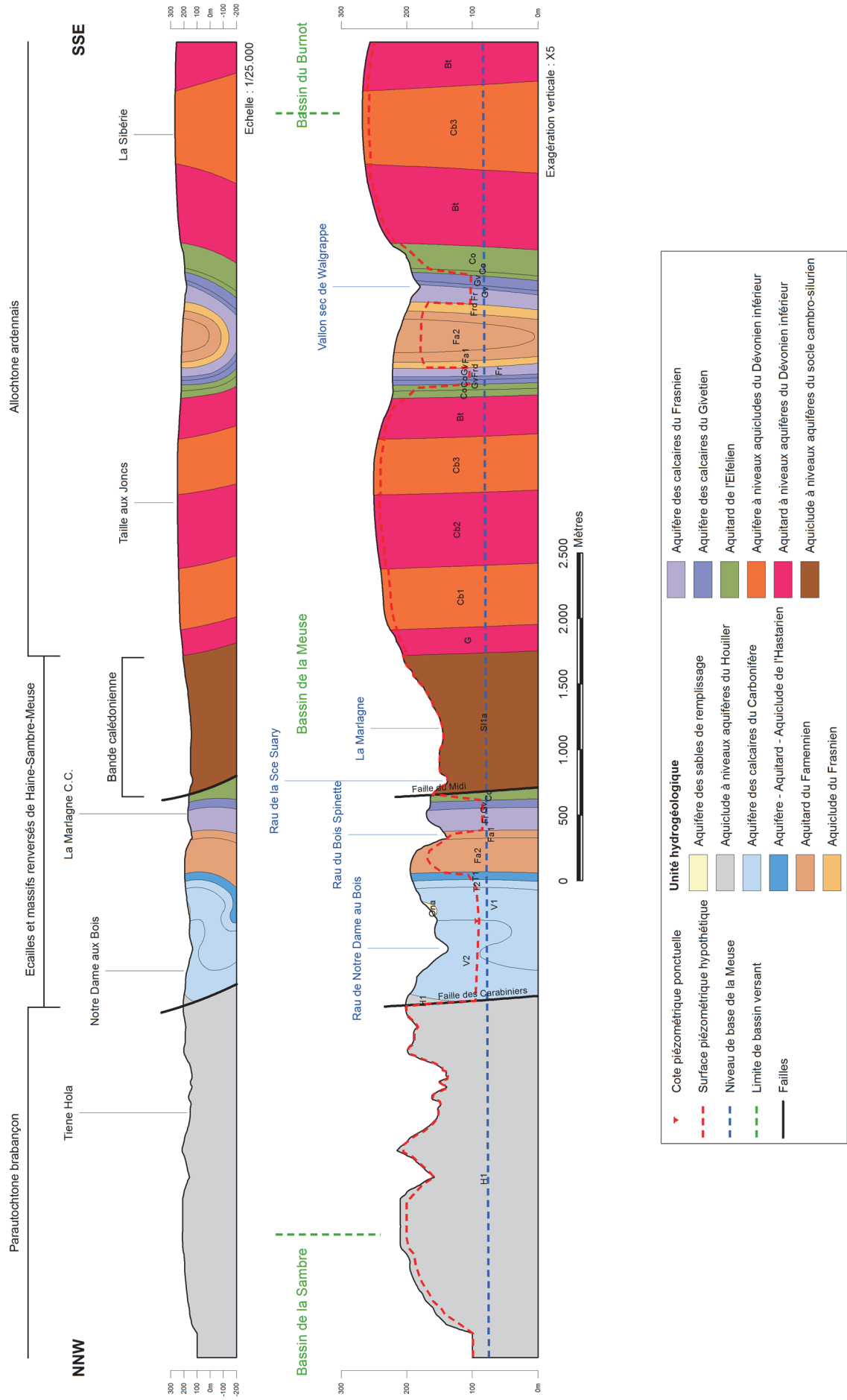
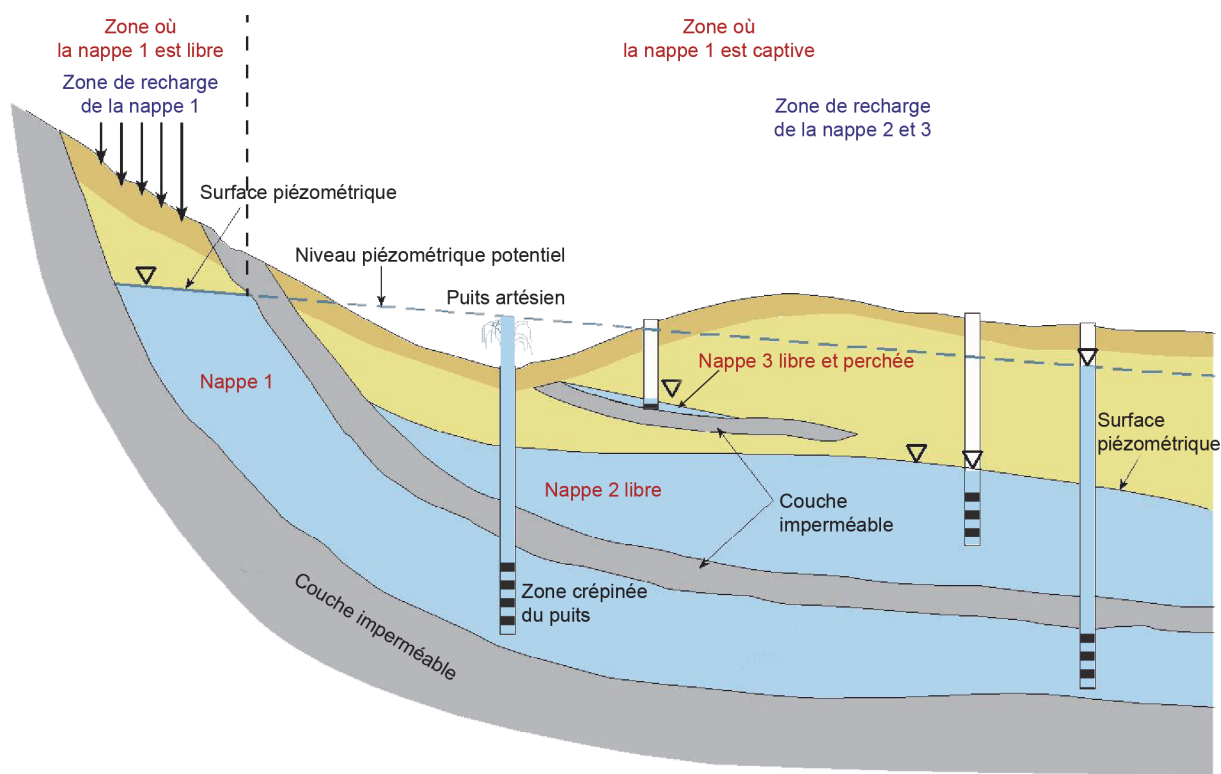


Figure IV.17 Coupe hydrogéologique de la carte de Malonne - Naninne (47/7-8) matérialisant le tracé hypothétique de la surface piézométrique.

IV.5. CARACTÈRE LIBRE, SEMI-CAPTIF, CAPTIF DES NAPPES

Les différents types de nappes peuvent être définis comme suit (*Poehls & Smith, 2009*) :

- Nappe libre : nappe n'étant pas mise sous pression par des roches imperméables sus-jacentes et étant en contact direct avec l'atmosphère du fait de la perméabilité du sol surmontant l'aquifère. Le niveau piézométrique est la limite supérieure de la zone de saturation où la pression absolue égale la pression atmosphérique et où la pression de l'eau est égale à zéro. Dans ces conditions, le niveau piézométrique peut fluctuer librement. La nappe peut se recharger lors des précipitations ou par écoulement latéral d'une nappe captive. Les nappes perchées sont un cas particulier de nappe libre ;
- Nappe semi-captive : nappe où le toit de l'aquifère est souvent constitué par une formation hydrogéologique semi-perméable. Dans certaines conditions hydrodynamiques favorables, il y a des différences de charge qui favorisent des échanges d'eau (ou de pression) avec l'aquifère superposé ou sous-jacent, appelé drainance. La formation est alors incorporée à un aquifère multicouche ;
- Nappe captive : nappe sans surface libre, donc soumise en tous points à une pression supérieure à la pression atmosphérique et dont la surface piézométrique est supérieure au toit de l'aquifère. Ces propriétés peuvent, dans certains cas, donner lieu à des puits artésiens ou jaillissants.



Modified after Harlan and others, 1989

Figure IV.18 : Représentation schématique des différents types de nappes
 (<http://coloradogeologicalsurvey.org/apps/wateratlas/chapter2page2.html>, modifié)

Exceptée la nappe des calcaires du Carbonifère captive sous les schistes houillers, les nappes contenues dans l'ensemble des formations sont considérées comme libres pour une profondeur de forage de l'ordre de 100 m du fait du fort pendage des couches. Bien sûr, à plus grande profondeur, en fonction des structures, une nappe libre peut se transformer en nappe captive selon le pendage et la densité des axes de fracturation ou des plans de stratification.

Ce caractère libre est représenté sur la carte des informations complémentaires et du caractère des nappes sur le poster A0 joint à cette notice.

V. CADRE HYDROCHIMIQUE

Ce chapitre dresse un aperçu de la composition chimique des eaux souterraines dans la région de Malonne - Naninne, ainsi que les préoccupations principales liées à leur qualité.

V.1. CARACTÉRISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

La caractérisation des unités hydrogéologiques s'est faite en fonction des données hydrochimiques disponibles dans la banque de données hydrogéologiques de la région Wallonne. Certaines unités hydrogéologiques présentes sur cette carte n'ont donc pas fait l'objet d'une caractérisation.

Pour beaucoup des ouvrages choisis pour ce chapitre plusieurs analyses sont disponibles mais ces dernières sont rarement complètes. Dans la plupart des cas il s'agit souvent de données portant sur l'analyse des bactéries et sur l'azote (nitrate, nitrite, ammonium). Les analyses présentées ont été choisies en fonction de leur richesse la plus grande avec pour conséquence une date d'analyse parfois fort éloignée d'aujourd'hui.

A certains endroits, plusieurs ouvrages très proches ont été caractérisés hydrochimiquement. Dès lors seul un des ouvrages a été choisi pour éviter des redondances.

Les unités hydrogéologiques caractérisées sont décrites de la plus vieille à la plus jeune. Les ouvrages cités sont localisés, à l'exception de ceux de l'Aquifère alluvial, sur la [Figure V.1](#).

V.1.1 Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien

Une analyse hydrochimique complète a été choisie pour les ouvrages SOURCE JACQUET E1 et PACHI AL FONTAINE situés entre Naninne et Dave ([Figure V.1](#)). Le [Tableau V.1](#) reprend les résultats de ces deux analyses.

Les puits présentent une eau de conductivité moyenne de l'ordre de 600 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et un pH autour de 7.2.

A la date d'analyse, le drain PACHI AL FONTAINE était pollué en nitrate (54 mg/l) et la SOURCE JACQUET en présentait une teneur de 22.2 mg/l. Aucune pollution directe par une source organique (lisier, fumier, etc.) ne semble présente car les teneurs en Azote (N) sous forme d'ammonium et/ou de nitrite étaient nulles.

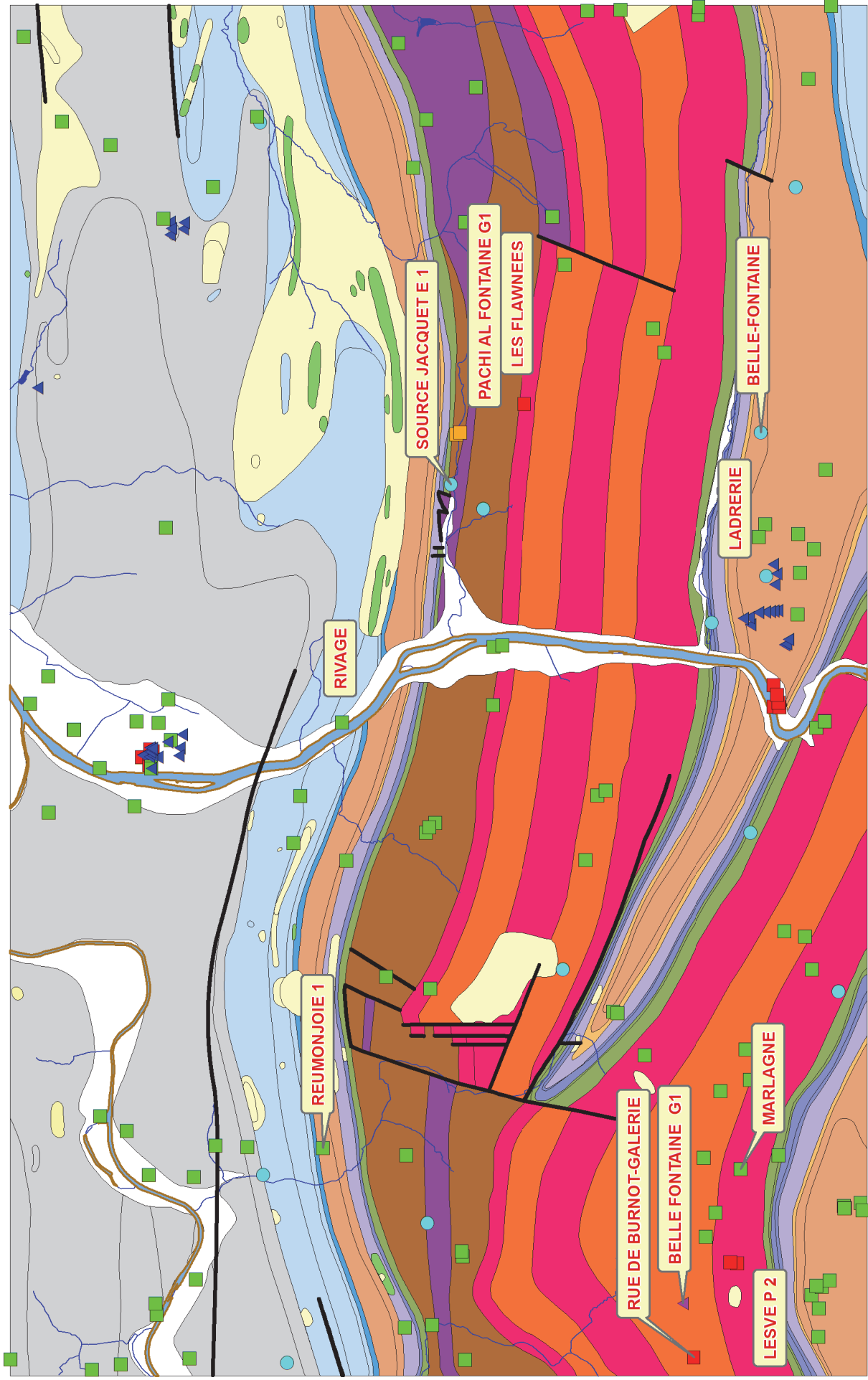


Figure V.1 : Localisation des ouvrages SOURCE JACQUET E1, PACHI AL FONTAINE, LESVE P2, MARLAGNE, LES FLAWNEES, RUE DU BURNOT-GALERIE, BELLE FONTAINE G1, BELLE FONTAINE, LADRERIE, REUMONJOIE 1.

L'eau de cette nappe montre des variations importantes de ses teneurs en fer : la SOURCE JACQUET E1, même si elle ne dépasse pas la norme, présente une teneur en fer importante (48 µg/l).

La teneur en ion Ca⁺⁺ est relativement importante et tourne autour de 100 mg/l.

Tableau V.1: Analyses hydrochimiques de l'Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien.

Paramètres	Unités	Norme	Source Jacquet	Pachy Al Fontaine
Date de prélèvement			25/10/1995	3/10/2000
Profondeur du puits	m		Source	/
pH	unité pH	6,5 à 9,2	7,3	7,22
Conductivité électrique	µS/cm	2100	651,0	676
Dureté totale	°F	67,5	32,2	36,2
Aluminium	µg/l Al	200	4,0	0
Calcium	mg/l Ca	270	91,8	110,1
Sodium	mg/l Na	200	11,6	18,5
Potassium	mg/l K	/	2,4	6,8
Magnésium	mg/l Mg	50	22,4	21
Fer (total dissous)	µg/l Fe	200	48,0	0
Manganèse	µg/l Mn	50	1,0	1
Chlorures	mg/l Cl	250	34,7	38,6
Nitrates	mg/l NO3	50	22,2	54
Nitrites	mg/l NO2	0,5	0,0	0
Ammonium	mg/l NH4	0,5	0,0	0
Sulfates	mg/l SO4	250	52,1	55,7
TAC	°F	/	24,3 (06/03/2000)	23,6
Hydrogénocarbonates	mg/l HCO3	/	296,6	288,0

V.1.2 Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Une analyse a été choisie pour les puits LES FLAWNEES (*Figure V.1*), LESVE P2 et MARLAGNE au nord de Lesve (*Figure V.1*). Le *Tableau V.2* reprend ces trois analyses.

Les puits présentent une eau de conductivité variable, allant de très faible (<120 µS/cm) à moyenne (672 µS/cm). Les pH également sont variables, entre 5.98 et 7.6. A la date d'analyse, l'eau du puits Lesve P2 était polluée en Azote (N) sous forme de nitrates (52.3 mg/l de NO₃⁻). Aucune pollution directe par une source organique (lisier, fumier, etc.) ne semble présente car les teneurs en Azote (N) sous forme d'ammonium et/ou de nitrite étaient nulles. L'eau de cet aquifère montre des variations importantes de ses teneurs en fer et manganèse : le puits LES FLAWNEES, même si elles ne dépassent pas la norme, présente de fortes teneurs en fer (45 µg/l) et en magnésium (10 µg/l). Le puits MARLAGNE présente un teneur en fer moyenne (21 µg/l).

La teneur en ion Ca⁺⁺ reste faible sauf pour le puits "Marlagne" pour lequel elle atteint 119 mg/l.

Tableau V.2: Analyses hydrochimiques de l'Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.

Paramètres	Unités	Norme	Les Flawnees	Lesve P2	Marlagne
Date de prélèvement			21/02/2000	8/07/1997	4/04/1995
Profondeur du puits	m		/	/	/
pH	unité pH	6,5 à 9,2	6,2	5,98	7,6
Conductivité électrique	µS/cm	2100	119,0	310	672
Dureté totale	°F	67,5	4,3	11,7	36,5
Aluminium	µg/l Al	200	66,0	13	5
Calcium	mg/l Ca	270	11,3	36,9	119,3
Sodium	mg/l Na	200	5,4	13,3	7,9
Potassium	mg/l K	/	0,8	0,6	1,3
Magnésium	mg/l Mg	50	3,7	6	16,2
Fer (total dissous)	µg/l Fe	200	45,0	0	21
Manganèse	µg/l Mn	50	10,0	1	0
Chlorures	mg/l Cl	250	9,2	44,7	22,8
Nitrates	mg/l NO3	50	3,4	52,3	/
Nitrites	mg/l NO2	0,5	0,0	0	0
Ammonium	mg/l NH4	0,5	0,0	0	0
Sulfates	mg/l SO4	250	26,2	16,6	22,6
TAC	°F	/	1,5	/	3,6
Hydrogénocarbonates	mg/l HCO3	/	18,3		43,9

V.1.3 Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur

Une analyse a été choisie pour les ouvrages RUE DU BURNOT-GALERIE et BELLE FONTAINE G1 au nord de Lesve (*Figure V.1*). Le *Tableau V.3* reprend les résultats de ces analyses.

Tous les puits présentent une eau de conductivité faible (<350 µS/cm). A la date d'analyse, l'eau de ces puits était polluée ou fortement chargée en azote (N) sous forme de nitrates (41 à 52 mg/l de NO₃⁻). Aucune pollution directe par une source organique (lisier, fumier, etc.) ne semble présente car les teneurs en azote (N) sous forme d'ammonium et/ou de nitrite étaient nulles. L'eau de cet aquifère est pauvre en fer et manganèse (respectivement <9 µg/l et 3 µg/l).

Tableau V.3: Analyses hydrochimiques de l'Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur.

Paramètres	Unités	Norme	Rue de Burnot - Galerie	Belle Fontaine G1
Date de prélèvement			19/08/1996	7/07/1999
Profondeur du puits	m		/	Drain
pH	unité pH	6,5 à 9,2	6,0	6,75 15/10/1997
Conductivité électrique	µS/cm	2100	331,0	308 26/03/1997
Dureté totale	°F	67,5	12,4	10,7
Aluminium	µg/l Al	200	4,0	12
Calcium	mg/l Ca	270	/	33,7
Sodium	mg/l Na	200	/	13,6
Potassium	mg/l K	/	/	0,6
Magnésium	mg/l Mg	50	/	5,5
Fer (total dissous)	µg/l Fe	200	9,0	3
Manganèse	µg/l Mn	50	2,2	3
Chlorures	mg/l Cl	250	53,0	40,3
Nitrates	mg/l NO3	50	41,7	51,8
Nitrites	mg/l NO2	0,5	0,0	0
Ammonium	mg/l NH4	0,5	0,0	0,01
Sulfates	mg/l SO4	250	/	19,7
TAC	°F	/	/	2,8
Hydrogénocarbonates	mg/l HCO3	/		34,2

V.1.4 Aquiclude du Famennien

Une analyse hydrochimique complète a été choisie pour la source BELLE FONTAINE située en rive droite de Meuse près de la source amont du R^{au} de Tailfer (*Figure V.1*). Le *Tableau V.4* reprend les résultats de cette analyse.

Malgré une conductivité faible (<350 $\mu\text{S/cm}$) et une teneur en ions Ca^{++} moyenne (33.7 mg/l), le pH est assez élevé (7.3). L'eau de ce puits contient très peu de fer et de manganèse. Aucune pollution en azote organique (ammonium, nitrite) n'est à constater. La teneur en nitrate, à la date d'analyse, était cependant hors normes (51.8 mg/l).

Tableau V.4: Analyse hydrochimique de l'Aquiclude du Famennien.

Paramètres	Unités	Norme	Belle Fontaine
Date de prélèvement			11/03/2009
Profondeur du puits	m		Source
pH	unité pH	6,5 à 9,2	7.28 (26/03/1997)
Conductivité électrique	$\mu\text{S/cm}$	2100	308 (26/03/1997)
Dureté totale	$^{\circ}\text{F}$	67,5	10,7
Aluminium	$\mu\text{g/l Al}$	200	17,0
Calcium	mg/l Ca	270	40,2
Sodium	mg/l Na	200	7,4
Potassium	mg/l K	/	1,2
Magnésium	mg/l Mg	50	13,7
Fer (total dissous)	$\mu\text{g/l Fe}$	200	/
Manganèse	$\mu\text{g/l Mn}$	50	0,4
Chlorures	mg/l Cl	250	22,2
Nitrates	mg/l NO_3	50	28,0
Nitrites	mg/l NO_2	0,5	0,0
Ammonium	mg/l NH_4	0,5	0,0
Sulfates	mg/l SO_4	250	24,0
TAC	$^{\circ}\text{F}$	/	/
Hydrogénocarbonates	mg/l HCO_3	/	/

V.1.5 Aquitard du Famennien

Une analyse hydrochimique complète a été choisie pour la source LADRERIE située en rive droite de Meuse sur la crête entre le Fond de Lustin et le Fond de Nîmes (*Figure V.1*). Le *Tableau V.5* reprend les résultats de cette analyse.

Le pH est moyen (<7.5) ainsi que la conductivité (<600 $\mu\text{S/cm}$). La teneur en ion Ca^{++} est moyenne (88 mg/l) et l'eau de ce puits ne contient ni fer, ni manganèse. Aucune pollution en azote organique (ammonium, nitrite) n'est à constater. La teneur en nitrate, à la date d'analyse, était cependant élevée (31.6 mg/l).

Tableau V.5 : Analyse hydrochimique de l'Aquifère des grès du Famennien.

Paramètres	Unités	Norme	Ladrière
Date de prélèvement			21/03/2000
Profondeur du puits	m		Source
pH	unité pH	6,5 à 9,2	7,1
Conductivité électrique	µS/cm	2100	505,0
Dureté totale	°F	67,5	26,6
Aluminium	µg/l Al	200	1,0
Calcium	mg/l Ca	270	88,6
Sodium	mg/l Na	200	10,5
Potassium	mg/l K	/	2,4
Magnésium	mg/l Mg	50	10,9
Fer (total dissous)	µg/l Fe	200	0,0
Manganèse	µg/l Mn	50	0,0
Chlorures	mg/l Cl	250	22,9
Nitrates	mg/l NO3	50	31,6
Nitrites	mg/l NO2	0,5	0,0
Ammonium	mg/l NH4	0,5	0,0
Sulfates	mg/l SO4	250	40,8
TAC	°F	/	19,7
Hydrogénocarbonates	mg/l HCO3	/	240,4

V.1.6 Aquifère des calcaires du Carbonifère

Deux analyses hydrochimiques relativement complètes a été choisies et concernent les puits BERLEMONT (*Figure IV.10, p. 46*) et REUMONJOIE 1 (*Figure V.1*). Ce dernier, bien qu'étant implanté dans l'Aquitard du Famennien, atteint l'Aquifère des calcaires du Carbonifère du fait de sa grande profondeur (206 m). Le *Tableau V.6* reprend les résultats de ces analyses.

Tableau V.6: Analyses hydrochimiques de l'Aquifère des calcaires du Carbonifère

Paramètres	Unités	Norme	Berlemont	Reumonjoie 1
Date de prélèvement			7/02/2012	7/02/2012
Profondeur du puits	m		85	206
pH	unité pH	6,5 à 9,2	/	/
Conductivité électrique	µS/cm	2100	702	534
Dureté totale	°F	67,5	44,4	32
Aluminium	µg/l Al	200	<20	<20
Calcium	mg/l Ca	270	104,0	84,0
Sodium	mg/l Na	200	11,0	8,4
Potassium	mg/l K	/	1,0	2,3
Magnésium	mg/l Mg	50	45,0	27,0
Fer (total dissous)	µg/l Fe	200	6,0	<5
Manganèse	µg/l Mn	50	<1	3,7
Chlorures	mg/l Cl	250	26,0	22,0
Nitrates	mg/l NO3	50	33,0	18,5
Nitrites	mg/l NO2	0,5	0,0	0,0
Ammonium	mg/l NH4	0,5	0,0	0,0
Phosphates	mg/l PO4	/	/	/
Sulfates	mg/l SO4	250	53,0	44,0
TAC	°F	/	38,0	28,4
Hydrogénocarbonates	mg/l HCO3	/	463,8	346,6

Les puits BERLEMONT et REUMONJOIE 1 présentent des variations de leurs compositions chimiques au niveau de leurs teneurs en calcium, respectivement 104 et 84 mg/l, et en magnésium, 45 et 27 mg/l. Ceci explique en partie leurs différentes conductivités, 702 et 534 µS/cm, et dureté, 44,4 et 32 °F. L'eau peut être qualifiée de « dure » pour REUMONJOIE 1

et de « très dure » pour BERLEMONT. A la date d'analyse, ces puits présentaient une teneur en nitrates de 33 mg/l (BERLEMONT) et 18,5 mg/l (REUMONJOIE 1). Aucune pollution directe par une source organique (lisier, fumier, etc.) ne semble présente car les teneurs en azote (N) sous forme d'ammonium et/ou de nitrite étaient nulles.

V.1.7 Aquifère alluvial de la Meuse

Quatre analyses hydrochimiques complètes ont été choisies pour les puits de la S.W.D.E. NAMUR-JAMBES P2 et PZ8–JAMBES et sur les puits privés RIVAGE et PUIITS 1-CITÉ LASCAUX (*Figure V.2*). Le *Tableau V.6* reprend les résultats de ces quatre analyses.

Les puits présentent une eau de conductivité très variable de 411 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 858 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Le pH est supérieur à 7 et atteint au maximum 7.9.

A la date d'analyse, tous ces ouvrages présentaient des teneurs en nitrates supérieures à 10 mg/l et pouvant atteindre 40 mg/l. Aucune pollution directe par une source organique (lisier, fumier, etc.) ne semble présente car les teneurs en azote (N) sous forme d'ammonium et/ou de nitrite étaient nulles.

L'eau de cet aquifère montre des variations importantes de ses teneurs en fer : les ouvrages PUIITS P1–CITÉ LASCAUX et PZ8–JAMBES, même si elle ne dépasse pas la norme, présente une teneur en fer importante alors que les deux autres ouvrages en présente une teneur nulle ou faible (respectivement 51 et 43 $\mu\text{g}/\text{l}$).

La teneur en ion Ca^{++} est variable ; elle peut être relativement importante (>100 mg/l) pour les ouvrages PUIITS 1–CITÉ LASCAUX et PZ8–JAMBES ou faible pour le PUIITS ST-MARTIN (<30 mg/l).

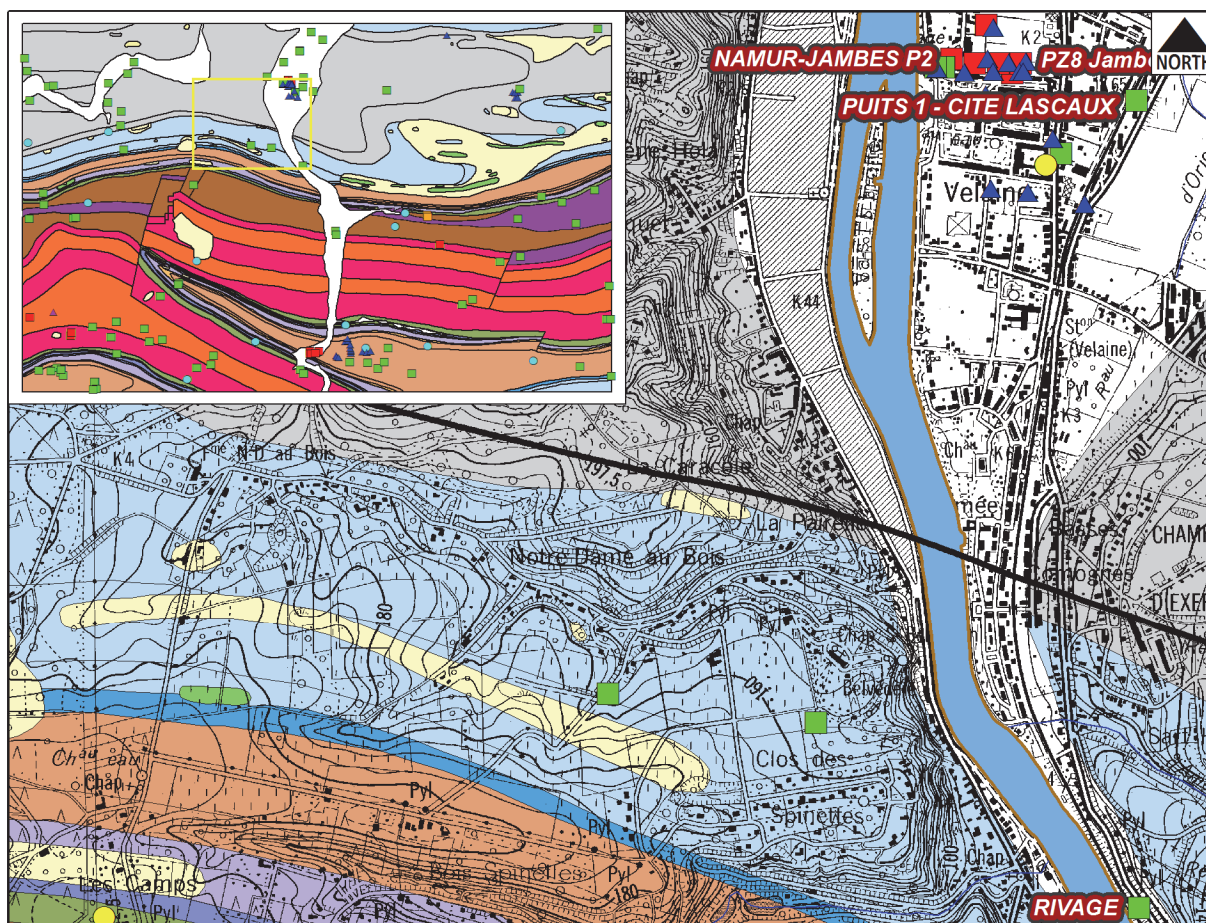


Figure V.2 : Localisation des puits NAMUR-JAMBES P2, PZ8-JAMBES, PUIITS 1-CITE LASCAUX et RIVAGE sollicitant l'Aquifère alluvial de la Meuse.

Tableau V.7: Analyses hydrochimiques de l'Aquifère alluvial de la Meuse

Paramètres	Unités	Norme	Namur - Jambes P2	Pz8 - Jambes	Puits Institut St Martin	Puits 1 Cité Lascaux
Date de prélèvement			18/03/2004	17/05/1995	13/07/2004	23/05/1995
Profondeur du puits	m		10,0	14	14,2	/
pH	unité pH	6,5 à 9,2	7,9	7,18	7,44	7,04
Conductivité électrique	µS/cm	2100	411,0	680	770	858
Dureté totale	°F	67,5	20,2	40,8	16,6	44,9
Aluminium	µg/l Al	200	0,3	0,015	0,99	0,007
Calcium	mg/l Ca	270	72,7	142,2	28,8	154,6
Sodium	mg/l Na	200	13,2	21,4	175,5	20,1
Potassium	mg/l K	/	2,5	3,3	1,08	3,7
Magnésium	mg/l Mg	50	4,9	12,8	5	15,2
Fer (total dissous)	µg/l Fe	200	/	43	19	51
Manganèse	µg/l Mn	50	0,0	3	2,99	0
Chlorures	mg/l Cl	250	17,1	24,9	39,5	24,1
Nitrates	mg/l NO3	50	10,7	29,4	25,7	40,2
Nitrites	mg/l NO2	0,5	0,0	0	0	0
Ammonium	mg/l NH4	0,5	0,0	0	0	0
Sulfates	mg/l SO4	250	33,8	76,2	11	89,9
TAC	°F	/	15,5	/	/	/
Hydrogénocarbonates	mg/l HCO3	/	188,6	/	/	/

V.1.8 Commentaires

La [Figure V.3](#) présente la classification des eaux souterraines dans un diagramme de Piper ([Fetter, 2001](#)). Les analyses suffisamment complètes des différentes nappes y ont été projetées ([Figure V.4](#)).

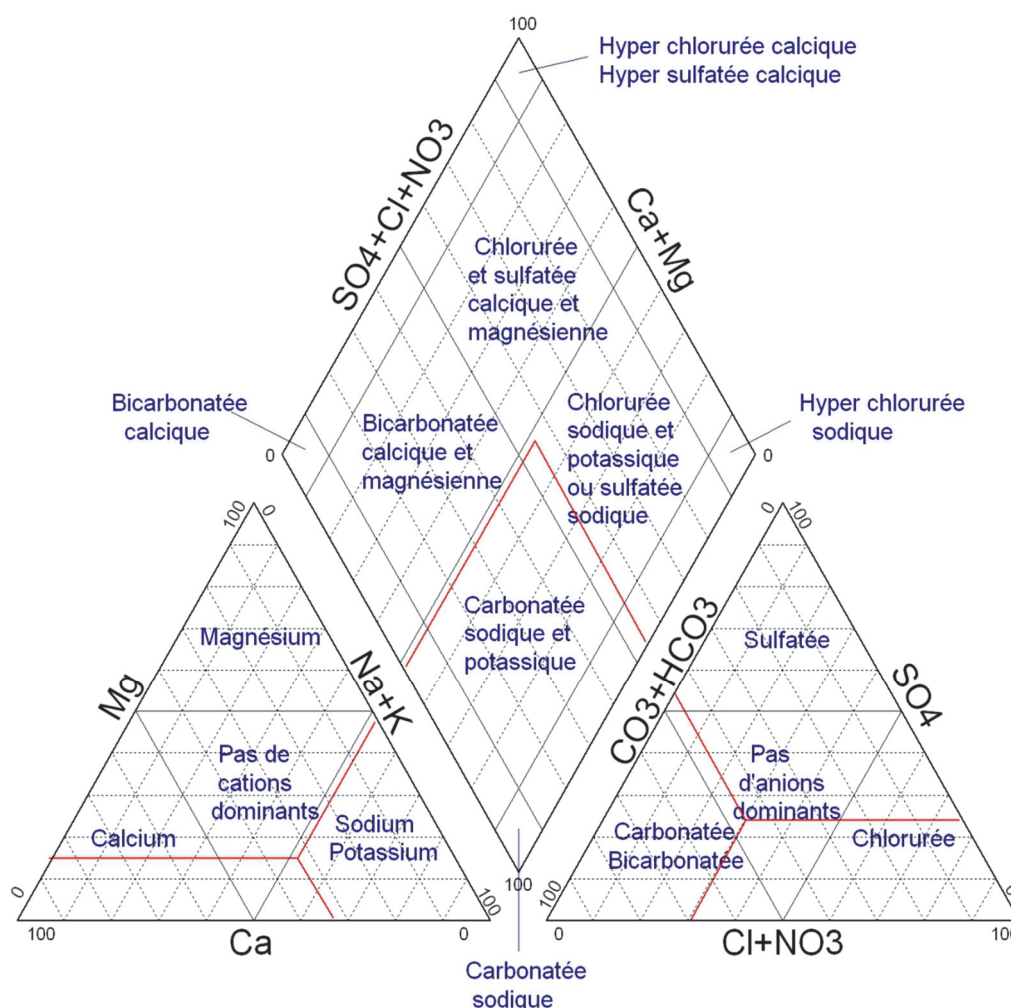


Figure V.3 : Classification hydrochimique des eaux souterraines (Fetter, 2001).

Les échantillons d'eau de l'Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien, de l'Aquitard du Famennien et de l'Aquifère alluvial de la Meuse sont de type bicarbonatées calciques. Les échantillons d'eau de l'Aquiclude du Famennien et de l'Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur se rangent dans les eaux de type chloriques calciques. Parmi les autres échantillons d'eau, l'Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur, MARLAGNE se range dans les eaux sans dominance de type et LES FLAWNEES dans les eaux de type sulfato-calciques. Ce dernier n'est pas particulièrement plus riche en sulfate que MARLAGNE mais sa teneur en ions Ca^{++} est surtout largement inférieure, 11.3 mg/l contre 119.3 mg/l ainsi que sa teneur en chlorure, 9.2 mg/l contre 22.8 mg/l.

Comparativement, les eaux de l'Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien sont nettement plus riches en sulfates (le double) et en chlorures que celles des eaux de l'Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur et de l'Aquiclude du Famennien mais leurs fortes teneurs en ions Ca^{++} les "tirent" vers le pôle bicarbonaté-calcique.

Le caractère bicarbonaté calcique plus ou moins marqué de l'Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien est à mettre en relation avec la présence de niveaux carbonatés dans certains niveaux composant ces unités hydrogéologiques.

Le caractère bicarbonaté calcique des eaux de l'Aquifère alluvial de la Meuse est peut-être à mettre en relation avec son alimentation en amont par les eaux des calcaires du Carbonifère, du Frasnien et du Givetien.

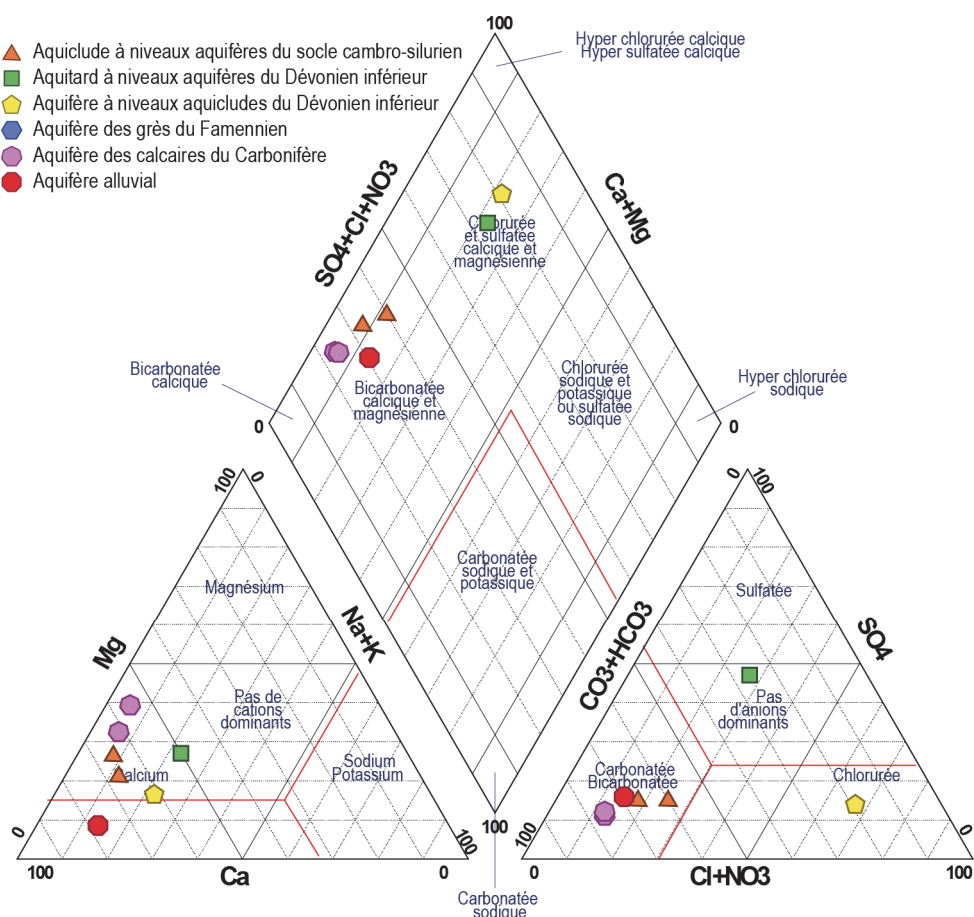


Figure V.4: Diagramme de Piper des analyses hydrochimiques des différentes unités hydrogéologiques rencontrées sur la carte Malonne - Naninne.

Brouyère *et al.* (2009) ont étudié les masses d'eau RWM022 et RWM023. Dans ces dernières on retrouve les aquifères des calcaires du Carbonifère, du Frasnien et du Givetien présents sur la carte Malonne – Naninne ainsi que les aquicludes du Frasnien, du Famennien et l'Aquitard du Famennien.

La [Figure V.5](#) présente la distribution des analyses chimiques d'eaux souterraines, réalisées dans les masses d'eau RWM022 et RWM023, dans le triangle des cations de Piper par unité hydrogéologique.

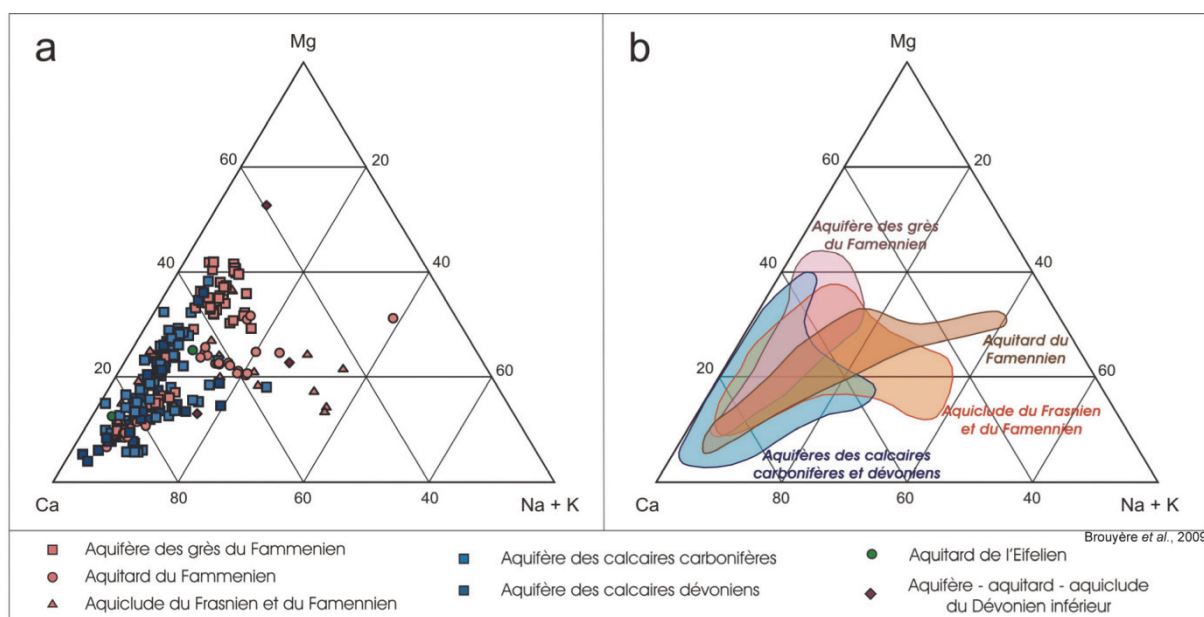


Figure V.5 : (a) Distribution, dans le triangle des cations et par unité hydrogéologique, des analyses d'eaux souterraines réalisées dans les masses d'eau RWM022 et RWM023 ainsi que dans les contextes hydrogéologiques similaires proches, (b) domaines de composition chimiques des principales unités hydrogéologiques rencontrées dans ces masses d'eau (Brouyère et al., 2009).

Généralement, une conductivité électrique comprise entre 150 et 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sera représentative d'un Aquiclude du Famennien tandis qu'une conductivité électrique supérieure à 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ le sera d'un aquifère calcaire. Au-delà de 850 $\mu\text{S}/\text{cm}$, on peut considérer une influence anthropique plus ou moins importante (Brouyère et al., 2009). Les analyses où la conductivité électrique est supérieure à 850 $\mu\text{S}/\text{cm}$ présente systématiquement des concentrations $[\text{Cl}+\text{SO}_4^-] > 150 \text{ mg/l}$.

C'est le cas du puits privé PUIITS 1–CITÉ LASCAUX sollicitant l'Aquifère alluvial de la Meuse (858 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et dont la concentration $[\text{Cl}+\text{SO}_4^-]$ atteint environ 114 mg/l.

V.2. PROBLÉMATIQUE DES NITRATES

Afin de limiter les apports (essentiellement agricoles) en nitrates, des zones vulnérables ont été délimitées dans le cadre de la Directive Européenne Nitrates (91/976/CEE). Elles sont établies afin de protéger les eaux de surface et les eaux souterraines contre la pollution par les nitrates d'origine agricole (Figure V.6). Pour plus d'informations, le site www.nitrawal.be peut être consulté.

La carte Malonne - Naninne se situe entièrement en zone vulnérable aux nitrates et se partage entre trois zones : (1) principalement dans la zone "Extension Sud Namurois" (Figure V.6), le coin SW dans la zone "Sud Namurois" et le coin NW dans la zone Nord du Sillon de la Sambre et de la Meuse. Actuellement, et suivant le réseau de surveillance des nappes d'eau

souterraine de la Région wallonne, les teneurs en nitrates de cette région varient entre 0 à 50 mg/l (Figure V.6). On distingue :

- les ouvrages dont les teneurs en nitrates sont comprises entre 0 et 10 mg/l et sollicitant principalement les nappes du socle cambro-silurien et/ou des sédiments détritiques du Dévonien ;
- les ouvrages dont les teneurs en nitrates sont comprises entre 10 et 25 mg/l ou entre 25 et 40 mg/l et sollicitant les nappes des calcaires du Primaire ;
- les ouvrages dont la teneur en nitrates est comprise entre 40 et 50 mg/l et sollicitant les calcaires du Primaire.

A l'état naturel, les eaux souterraines sont pauvres en nitrates ($\text{NO}_3 < 10 \text{ mg/l}$). On peut considérer qu'une teneur en nitrates supérieure à 10 mg/l traduit une influence anthropique significative (Brouyère et al., 2009), la valeur de 50 mg/l étant la teneur maximum acceptée pour une eau potable. La plupart des captages du réseau de surveillance de la Région wallonne de la carte Malonne - Naninne présenteraient donc des teneurs en nitrates d'origine anthropique.

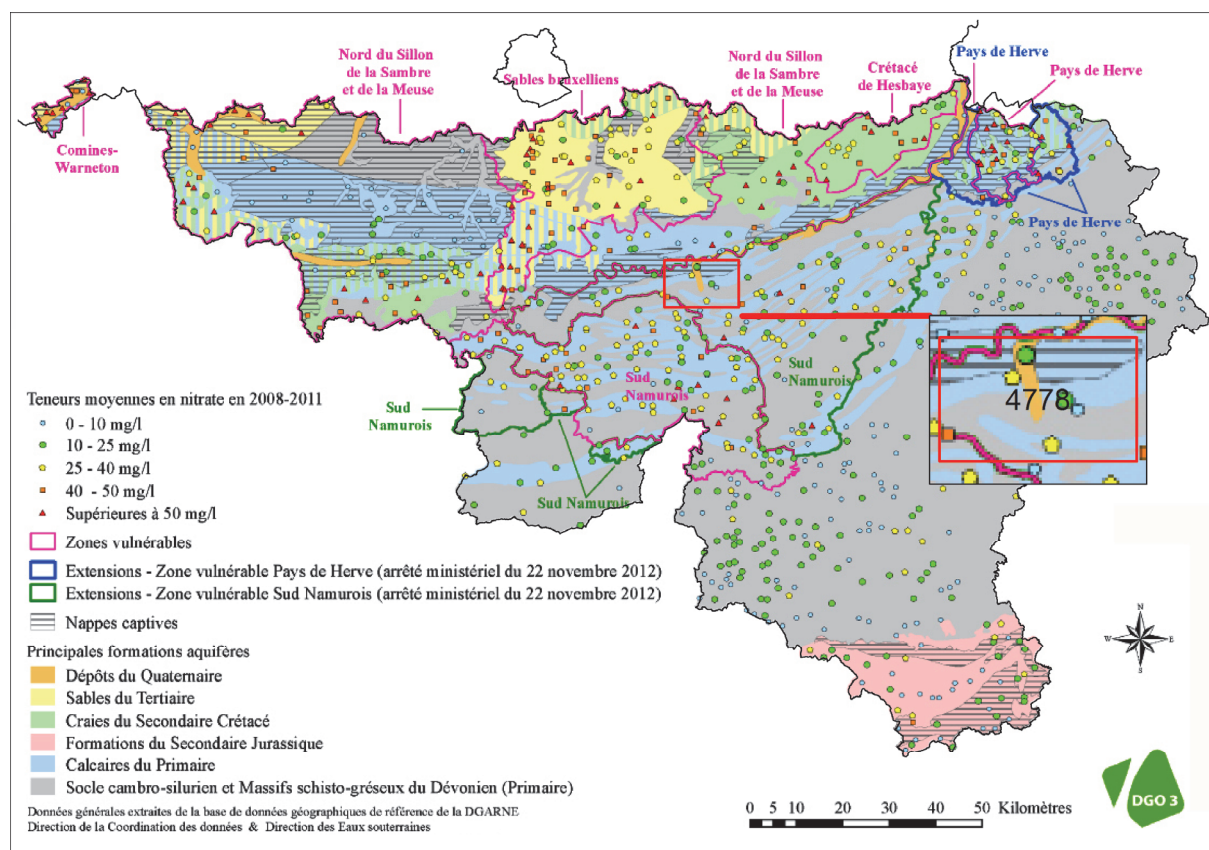


Figure V.6 : Teneurs moyennes en nitrate entre 2008 et 2011 sur les ouvrages du réseau de surveillance du Service public de Wallonie et localisation de la carte Malonne – Naninne (SPW-DGO 3, 2013, modifié).

Les teneurs en nitrates (NO_3) mesurées sur les ouvrages des sociétés de distribution de la carte Malonne - Naninne sont relativement élevées en ce qui concerne l'Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien, l'Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur, l'Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur, l'Aquiclude du Famennien, l'Aquitard du Famennien et l'Aquifère alluvial de la Meuse. Pour les autres unités hydrogéologiques, nous ne disposons pas de données nous permettant de les caractériser.

Pour les périodes considérées, qui ne dépassent pas 1997 pour certains ouvrages, les teneurs en nitrates se situaient souvent dans une fourchette allant de 10 à 40 mg/l et dépassaient régulièrement 50 mg/l.

Signalons qu'un certain nombre des captages caractérisés ici ne sont plus en fonctionnement et les données s'arrêtent en même temps que leur mise hors service.

V.2.1 Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien

La *Figure V.7*, la *Figure V.8* et la *Figure V.9* reprennent l'évolution des teneurs en nitrates des captages LES ROCHETTES G1, SOURCE JACQUET E1 et PACHI AL FONTAINE G1 sollicitant la nappe de l'Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien.

Le captage LES ROCHETTES G1 montre des teneurs en nitrates relativement importantes depuis 1994 jusque fin 2005. L'intervalle de ces teneurs oscille très généralement entre 37 et 57 mg/l. Entre 1998 et 2002 la teneur en nitrate n'a cessé d'augmenter, de dépasser la norme de 50 mg/l et d'atteindre la valeur maximale de 57 mg/l. Depuis 2002, il semble que les teneurs en nitrates de ce captage vont en diminuant pour atteindre au 12/2005 une valeur inférieure à 45 mg/l, valeur du reste encore importante. Depuis 2005 et jusqu'en 2012, les concentrations en nitrates de ce captage ont varié entre 42 et presque 50 mg/l (*CALYPSO, 2013*).

La SOURCE JACQUET E1 présente une teneur en nitrates moyenne mais assez stable depuis 1994 jusque 2005, de l'ordre de 20-25 mg/l. En 2000 et jusqu'en 2002, quatre épisodes d'augmentation brutale de la concentration en nitrate ont eu lieu pour ensuite revenir à une teneur "normale". Il est probable que ces événements soient liés à un phénomène de lessivage brusque de terrains tout juste saturés par de fortes pluies. Depuis 2005 et jusqu'en 2012, les concentrations en nitrates de ce captage ont varié entre 20 et 30 mg/l (*CALYPSO, 2013*).

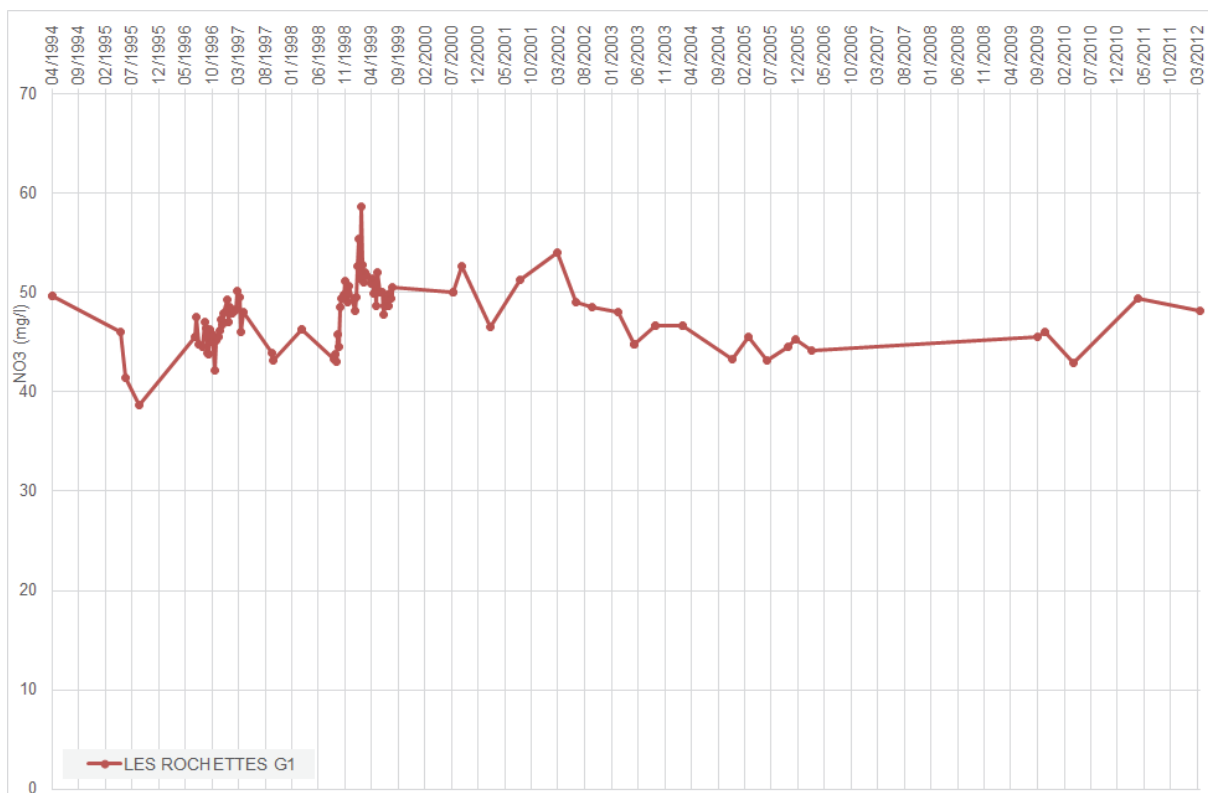


Figure V.7 Evolution des teneurs en nitrates dans le captage LES ROCHETTES G1, entre 04/1994 et 03/2012, sollicitant la nappe de l'Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambrosilurien.

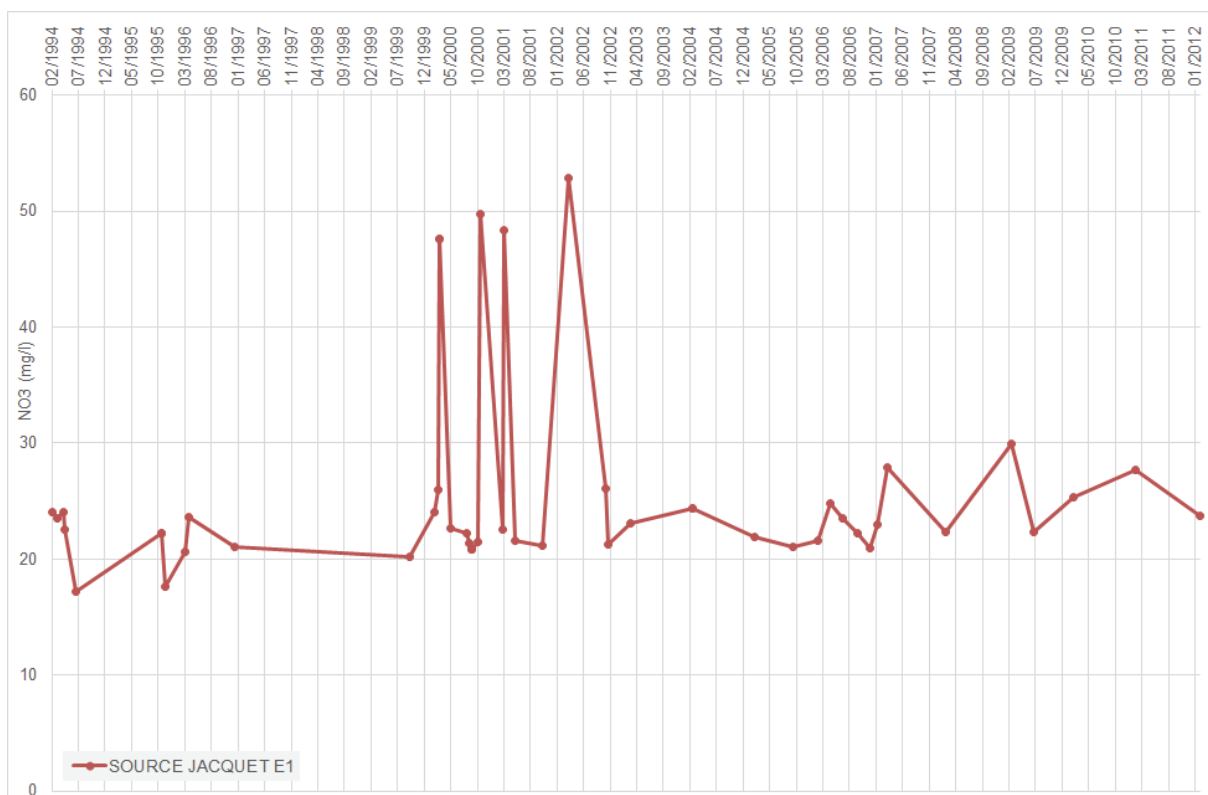


Figure V.8 Evolution des teneurs en nitrates dans le captage SOURCE JACQUET E1, entre 02/1994 et 01/2012, sollicitant la nappe de l'Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambrosilurien.

Le captage PACHI AL FONTAINE présente des teneurs en nitrates importantes, allant de 38 à 55 mg/l. Entre 1999 et 2001, la teneur en nitrate dépassait la norme de 50 mg/l presque en permanence. Depuis 2001, la tendance semble être à la baisse malgré quelques "rechutes" au-dessus de la barre des 50 mg/l. La teneur au 6/5/2006 était d'environ 43 mg/l, ce qui reste une valeur importante. Depuis 2005 et jusqu'en 2012, les concentrations en nitrates de ce captage tournent autour de 45 mg/l (CALYPSO, 2013).

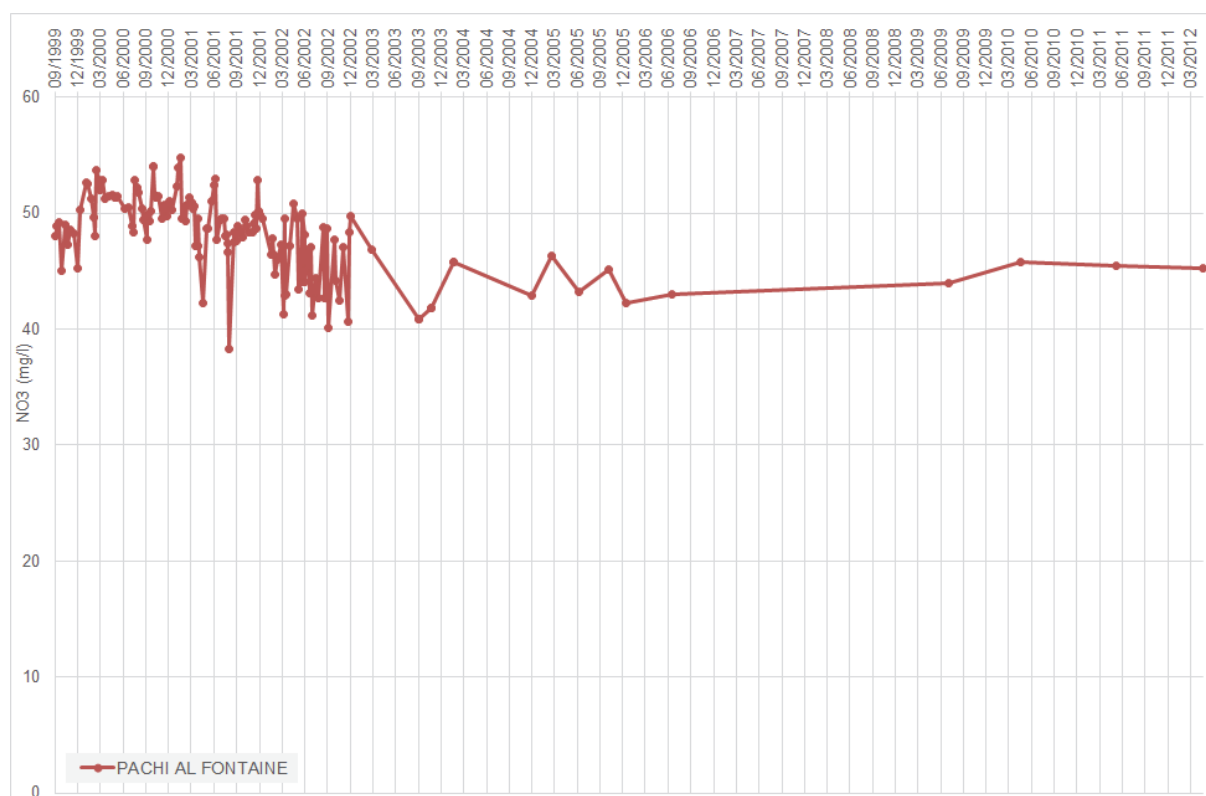


Figure V.9 Evolution des teneurs en nitrates dans le captage PACHY AL FONTAINE, entre 09/1999 et 06/2006, sollicitant la nappe de l'Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien.

Les trois captages discutés ici s'alimentent probablement en partie dans la nappe superficielle d'altération car l'évolution de leur teneur en nitrates montre de fortes et brutales variations tant positives que négatives. Ceci indiquerait une influence assez directe des précipitations qui créeraient soit une dilution soit une surcharge en nitrate suivant le contenu des infiltrations en ces derniers.

V.2.2 Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

La [Figure V.10](#) et la [Figure V.11](#) reprennent l'évolution des teneurs en nitrates des captages LES FLAWNEES et LESVE P1 sollicitant la nappe de l'Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.

Le captage LES FLAWNEES présente des teneurs en nitrates faibles, comprises entre 2 et 11 mg/l. On note cependant que ces teneurs, bien que peu importantes, sont en hausse depuis 1994, date à laquelle elles étaient inférieures à 4 mg/l. En 1998 deux pics importants autour de 11 mg/l sont à signaler et devraient correspondre à un phénomène ponctuel de lessivage de terrains saturés. Depuis fin 1998 et jusque 2004, les teneurs ont oscillé entre 4 et 6 mg/l. A partir de 2004, la tendance est à la hausse continue et en octobre 2012, la concentration était de l'ordre de 9 mg/l (CALYPSO, 2013).

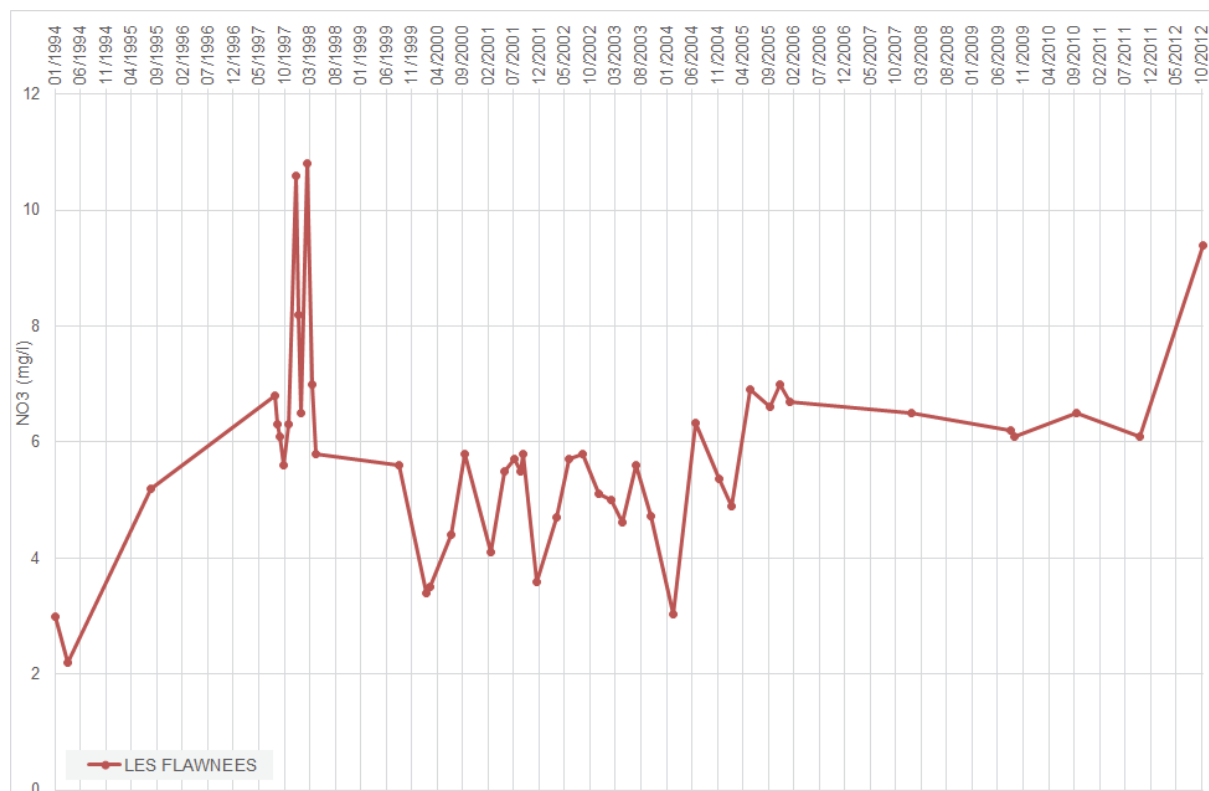


Figure V.10 Evolution des teneurs en nitrates dans le captage "LES FLAWNEES", entre 01/1994 et 01/2012, sollicitant la nappe de l'Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.

Le captage LESVE P1, situé juste à côté de LESVE P2 ([Erreur ! Source du renvoi introuvable., p. 61](#)), présente des teneurs en nitrates importantes, oscillant entre 36 et 53 mg/l. Durant l'année 1994, les teneurs ont varié entre 45 et plus de 50 mg/l, puis sont passées sous la barre des 50 mg/l pour atteindre en 1995 une teneur inférieure à 40 mg/l. L'année 1995 a vu la teneur en nitrates globalement diminuée jusqu'à 36 mg/l avec un pic au-dessus de la norme. Depuis fin 1995 jusque fin 1997 la teneur n'a cessé d'augmenter pour repasser au-dessus de la norme.

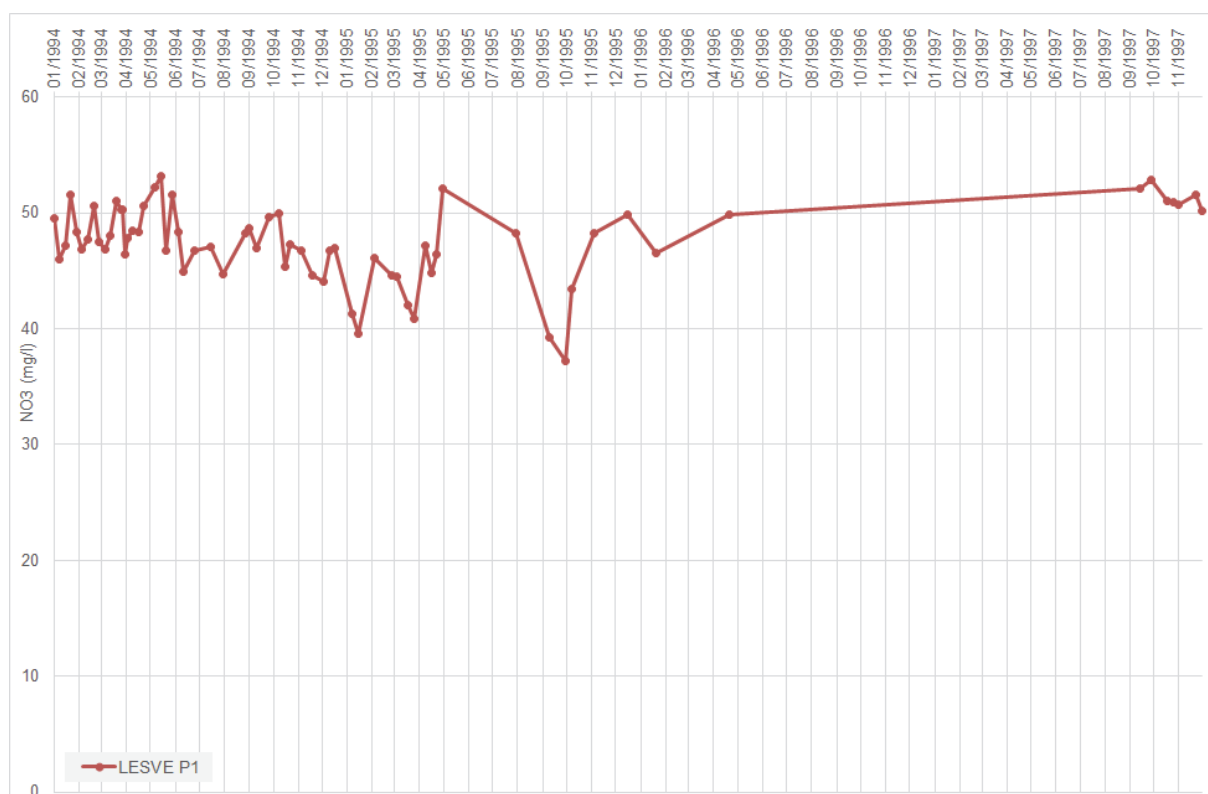


Figure V.11 Evolution des teneurs en nitrates dans le captage LESVE P1, entre 01/1994 et 11/1997, sollicitant la nappe de l'Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.

V.2.3 Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur

La [Figure V.12](#) et la [Figure V.13](#) reprennent l'évolution des teneurs en nitrates des captages BELLE FONTAINE G1, RUE DU BURNOT-GALERIE sollicitant la nappe de l'Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur.

Le captage BELLE FONTAINE G1 présente des teneurs en nitrates importantes, oscillant entre 39 et 57 mg/l. De 1994 à 1997 les teneurs variaient entre 45 et 50 mg/l avec quelques pics au-dessus de la norme de 50 mg/l. A partir de 1997 et ce jusque 2001 les teneurs se sont maintenues au-dessus de la norme de 50 mg/l.

Le captage RUE DU BURNOT-GALERIE présente des teneurs en nitrates importantes, oscillant entre 35 et 54 mg/l. Les teneurs sont restées relativement constantes dans une fourchette de 35 à 45 mg/l. Un seul pic au-dessus de la norme est à signaler en 1996.

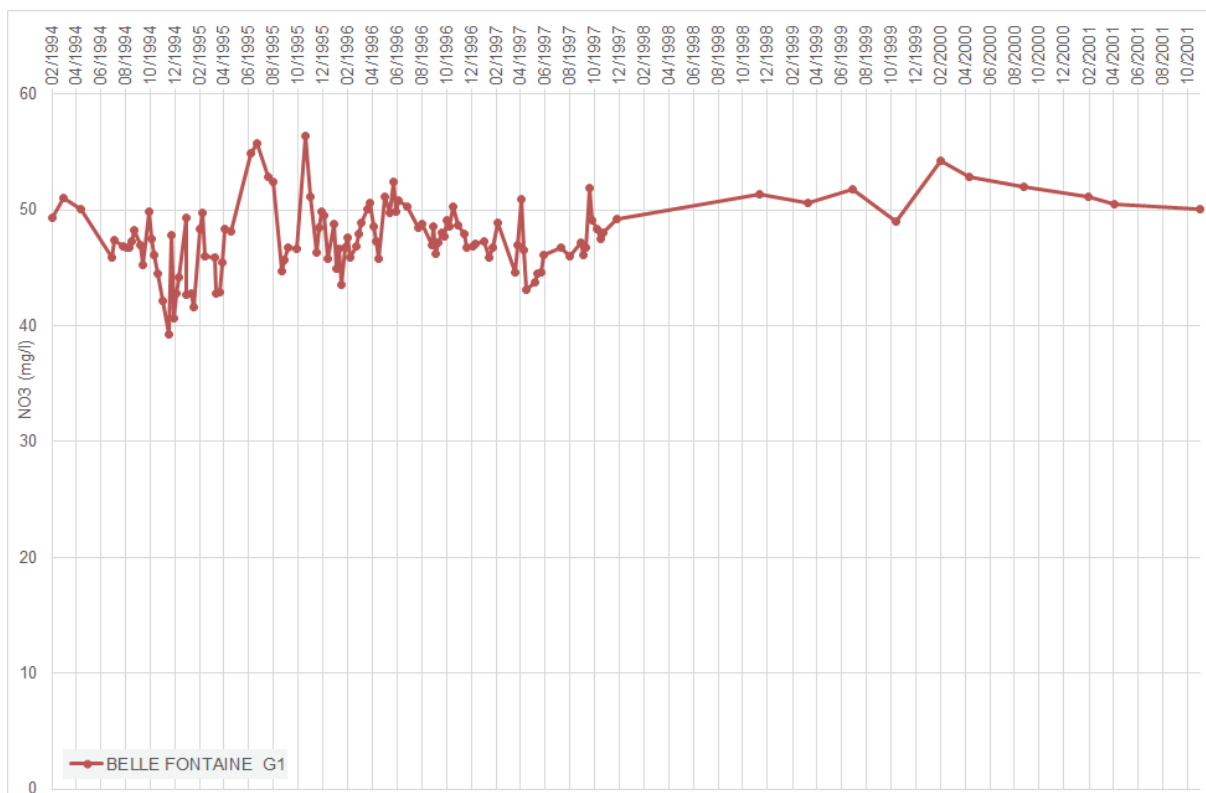


Figure V.12 Evolution des teneurs en nitrates dans le captage BELLE FONTAINE G1, entre 02/1994 et 10/2001, sollicitant la nappe de l'Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur.

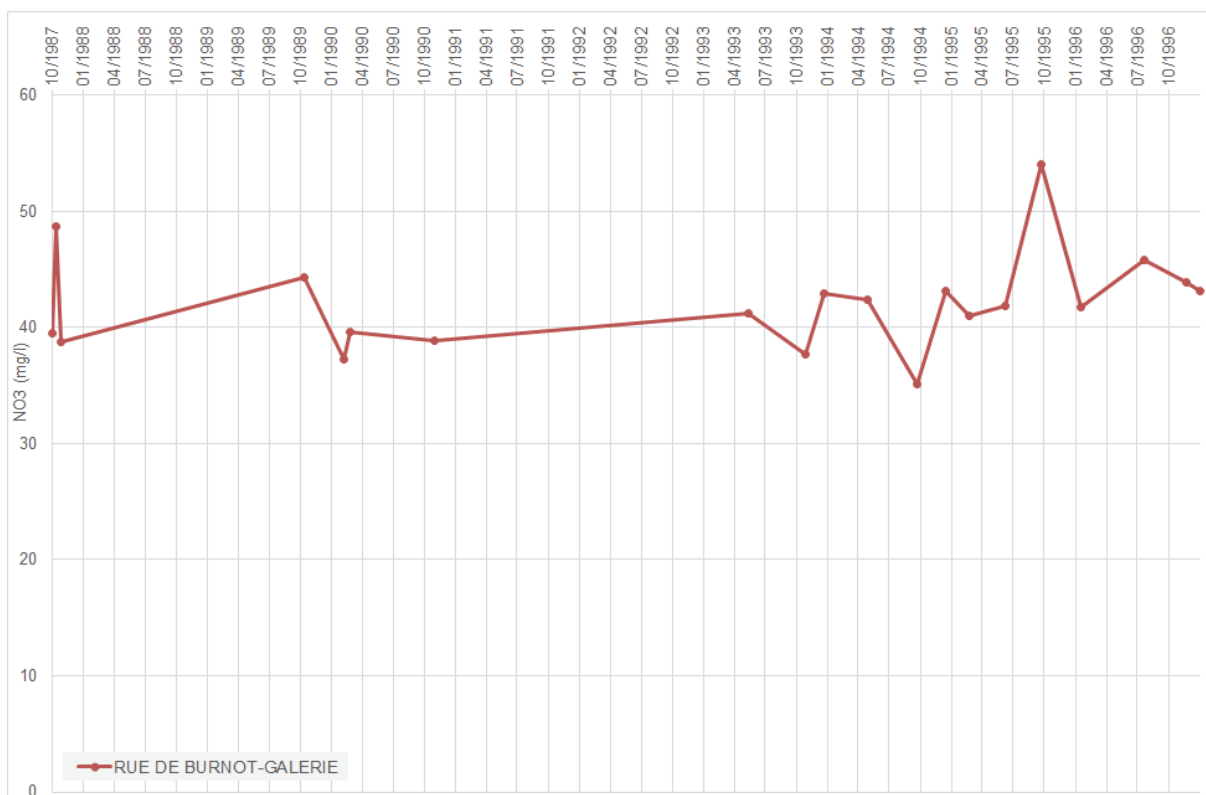


Figure V.13 Evolution des teneurs en nitrates dans le captage RUE DU BURNOT-GALERIE, entre 10/1987 et 04/1997, sollicitant la nappe de l'Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur.

V.2.4 Aquiclude du Famennien

La [Figure V.14](#) reprend l'évolution des teneurs en nitrates des captages "Belle Fontaine" sollicitant la nappe de l'Aquiclude du Famennien.

Le captage BELLE FONTAINE présente des teneurs en nitrates faibles tournant autour de 6-7 mg/l. Dans la première moitié de 1994 les teneurs ont présenté plusieurs pics importants, atteignant des valeurs de 34 mg/l. Fin 1994, ces afflux de nitrates ont cessé et les teneurs se sont stabilisées autour de 6-7 mg/l jusqu'en 1997.

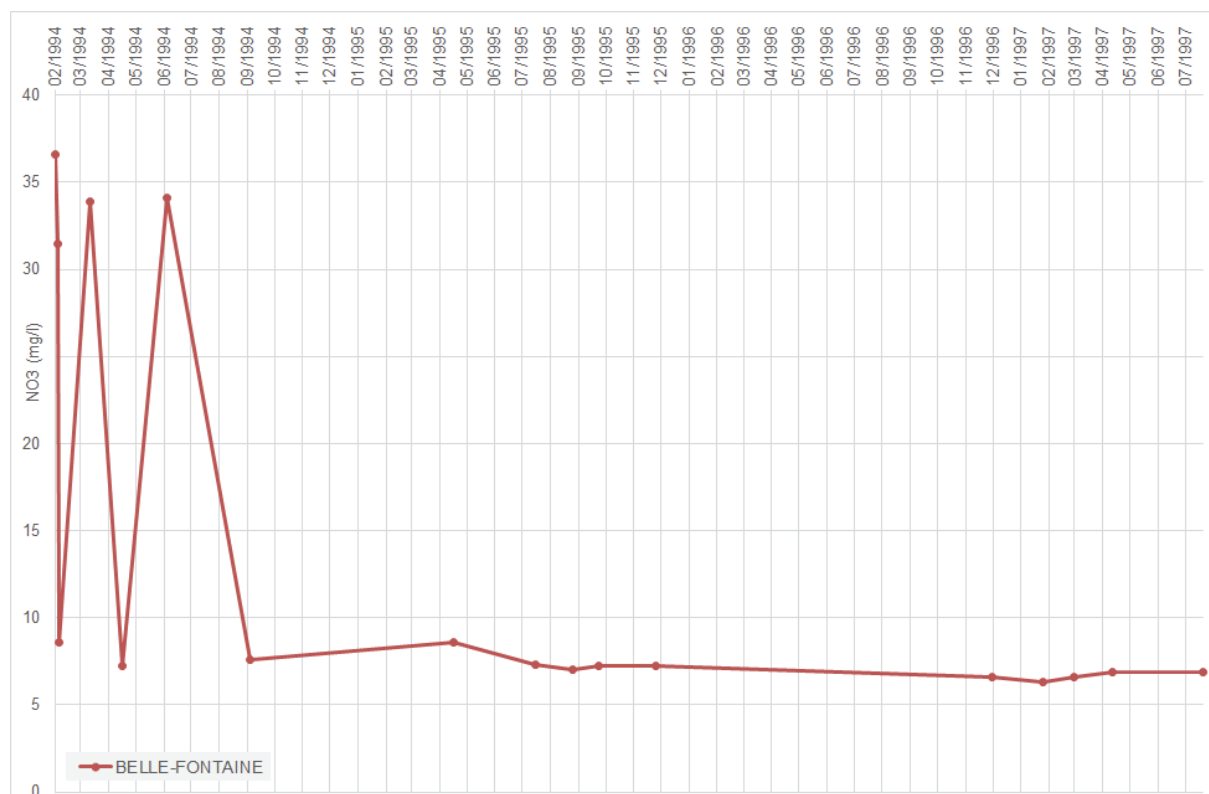


Figure V.14 Evolution des teneurs en nitrates dans le captage BELLE FONTAINE entre 02/1994 et 08/1997 sollicitant la nappe de l'Aquiclude du Famennien.

V.2.5 Aquitard du Famennien

La [Figure V.15](#) reprend l'évolution des teneurs en nitrates du captage LADRERIE sollicitant la nappe de l'Aquitard du Famennien.

Le captage LADRERIE présente des teneurs en nitrates moyennes oscillant entre 25 et 35 mg/l. A partir de 1995, la teneur en nitrate n'a cessé d'augmenter pour atteindre une valeur maximale de 43 mg/l, puis de redescendre et se stabiliser entre 30 et 35 mg/l jusqu'en 2011. En décembre 2012 en concentration de 26.6 mg/l était enregistrée (CALYPSO, 2013).

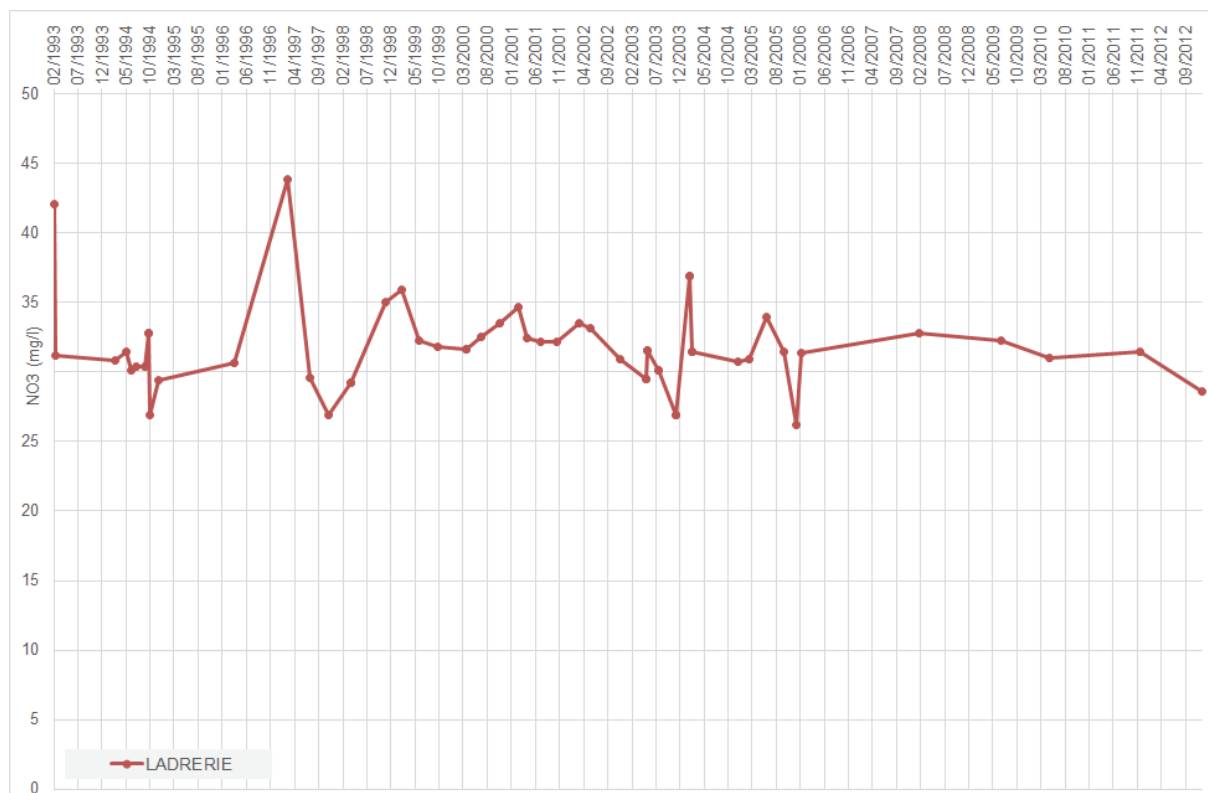


Figure V.15 Evolution des teneurs en nitrates dans le captage LADRERIE, entre 02/1993 et 10/2005, sollicitant la nappe de l'Aquitard du Famennien.

V.2.6 Aquifère alluviale de la Meuse

La [Figure V.16](#), la [Figure V.17](#) et la [Figure V.18](#) reprennent l'évolution des teneurs en nitrates des captages NAMUR–JAMBES P2, NAMUR–JAMBES P6 et du Puits de l'institut psychiatrique Saint Martin (RIVAGE) sollicitant la nappe de l'Aquifère alluvial de la Meuse.

Le captage NAMUR–JAMBES P2 présente des teneurs en nitrates peu importantes, oscillant généralement entre 4 et 12 mg/l. La teneur maximale atteinte fut 17 mg/l en 1994. Depuis 2005, les concentrations de ce captage sont restées en dessous des 14 mg/l ([CALYPSO, 2013](#)).

Le captage NAMUR–JAMBES P6 présentait des teneurs en nitrates importantes en 1994 (+/- 40 mg/l). Depuis les concentrations n'ont cessé de baisser jusqu'à atteindre en 1996 une valeur minimale de 18 mg/l. Entre 1996 et fin 2001 les teneurs ont à nouveau augmenté mais sans dépassé 31 mg/l. A partir de 2002 et ce jusqu'en 2012 ([CALYPSO, 2013](#)) les teneurs ont diminué et se sont stabilisées dans une fourchette allant de 17 à 28 mg/l.

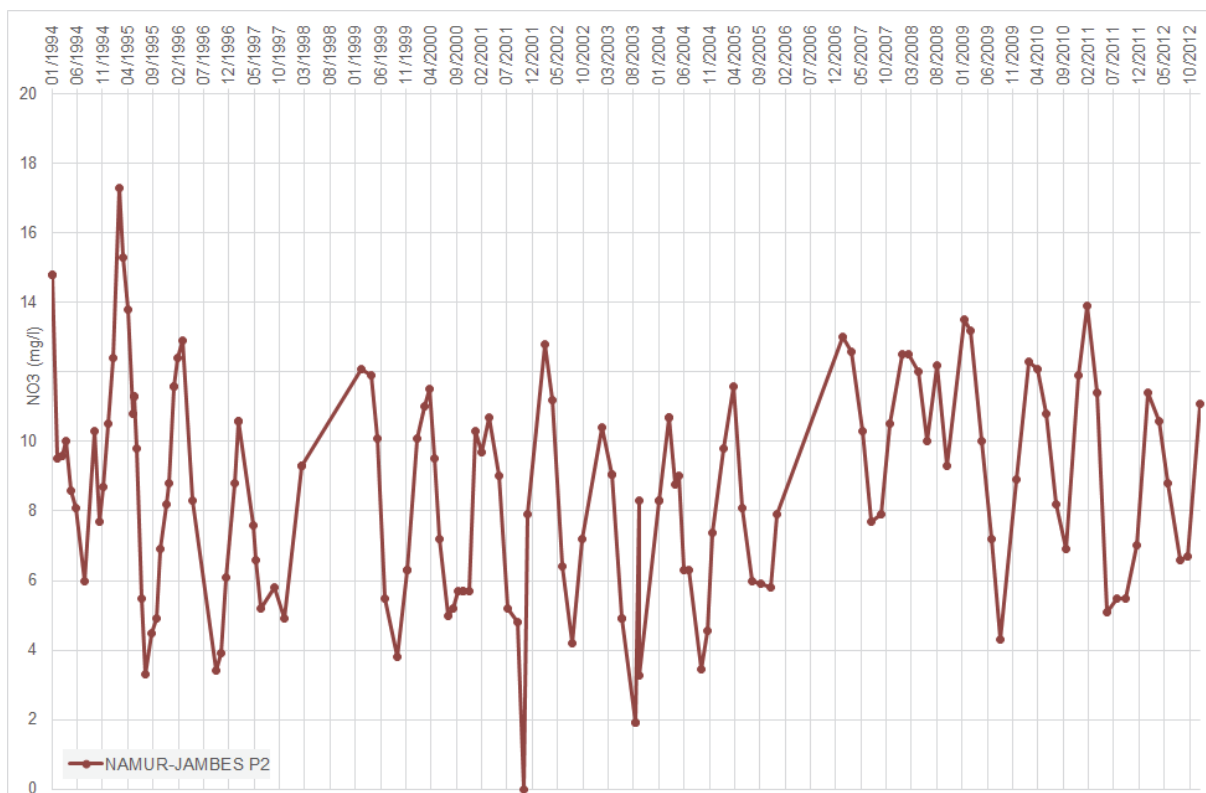


Figure V.16 Evolution des teneurs en nitrates dans le captage NAMUR–JAMBES P2, entre 01/1994 et 10/2012, sollicitant la nappe de l'Aquifère alluvial de la Meuse.

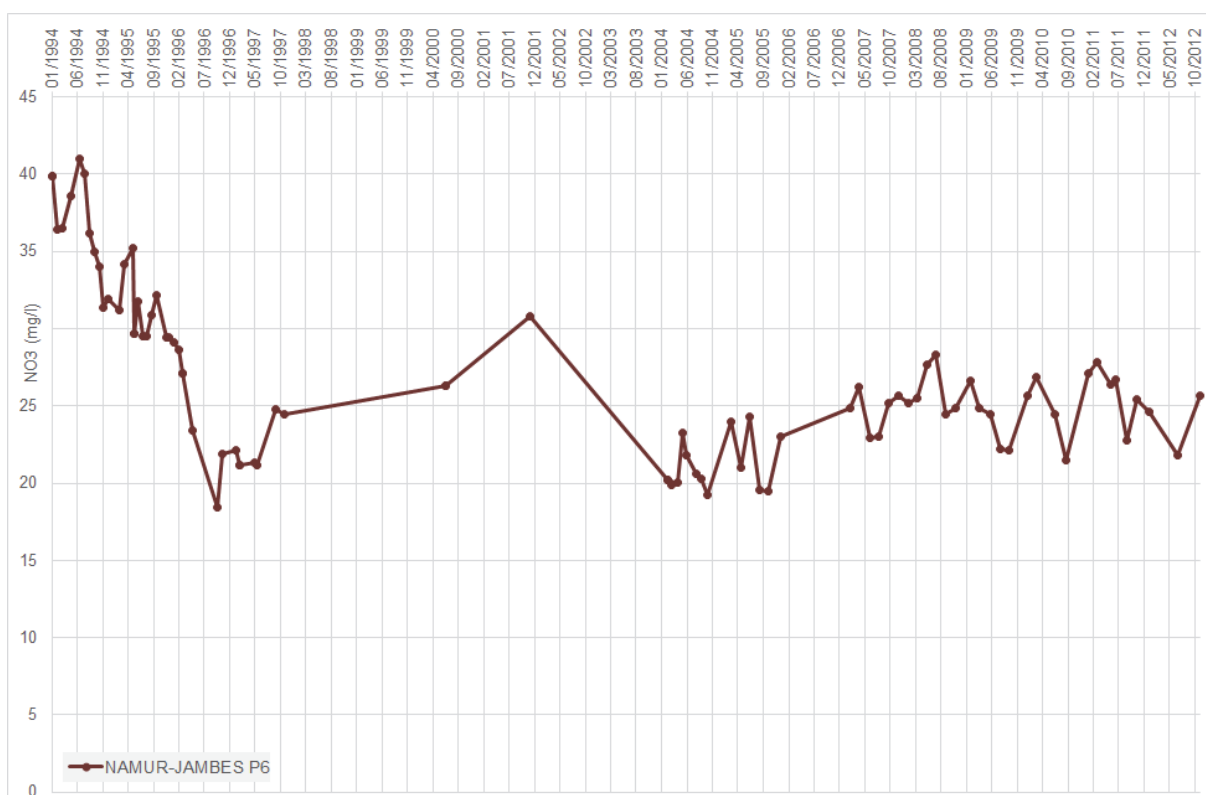


Figure V.17 Evolution des teneurs en nitrates dans le captage NAMUR–JAMBES P6, entre 01/1994 et 01/2012, sollicitant la nappe de l'Aquifère alluvial de la Meuse.

Le puits RIVAGE présente des teneurs en nitrates relativement importantes. En 1994 les teneurs étaient importantes (>40 mg/l). Elles ont ensuite diminuées pour atteindre une valeur minimale de 26 mg/l en 2004 mais pour augmenter à nouveau jusqu'en 2006, date à laquelle la teneur était de 34 mg/l.

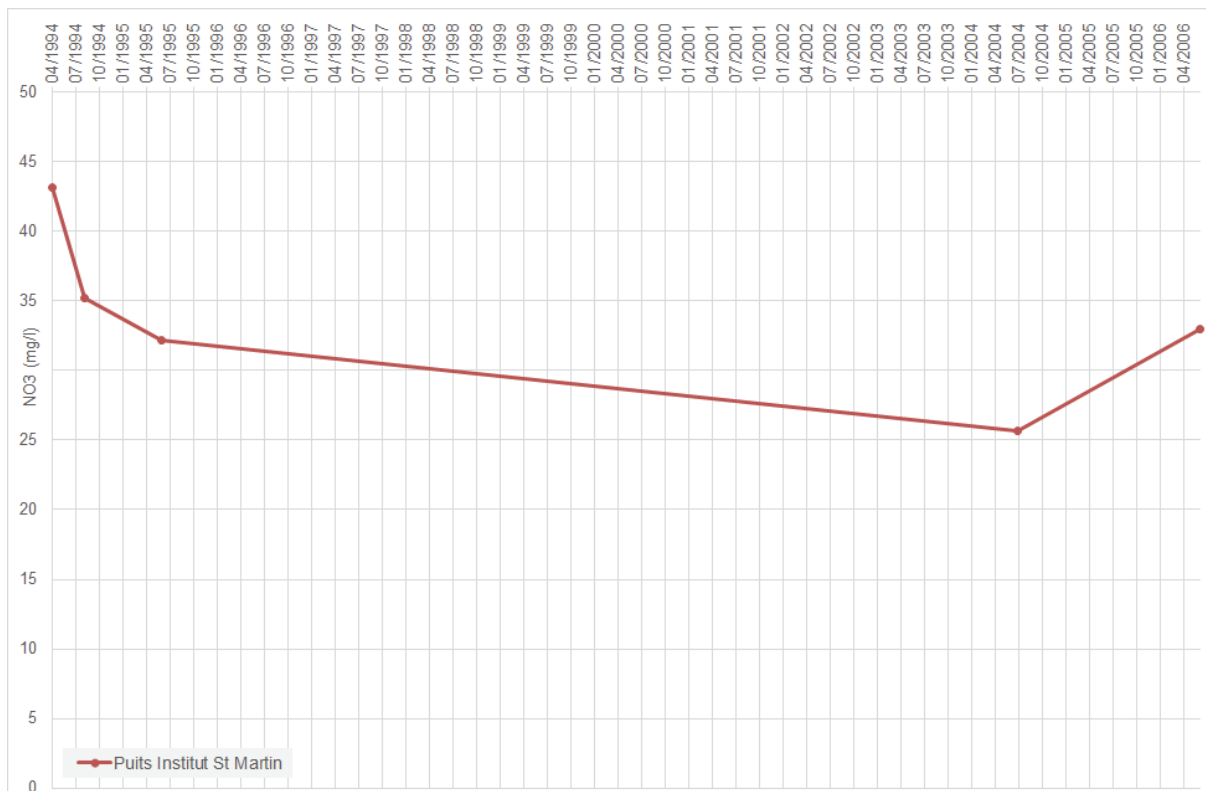


Figure V.18 Evolution des teneurs en nitrates dans le captage INSTITUT SAINT MARTIN, entre 04/1993 et 04/2006, sollicitant la nappe de l'Aquifère alluvial de la Meuse.

V.1. PROBLÉMATIQUE DES MICROPOLLUANTS

Depuis quelques années, les micropolluants, dont font partie les pesticides et les métaux lourds, sont recherchés dans les eaux de distribution.

Les micropolluants présents dans l'eau comprennent une multitude de composés minéraux et organiques dont les effets sur les organismes vivants peuvent être toxiques à de très faibles concentrations (de l'ordre généralement du microgramme par litre) [...]. Les eaux souterraines sont, quant à elles, contaminées suite à l'infiltration des micropolluants dans le sol et le sous-sol. On distingue les apports ponctuels où les sources de pollution sont clairement identifiées (rejets industriels, pollution accidentelle, rejets des eaux usées domestiques), des sources diffuses liées principalement aux activités agricoles et aux retombées atmosphériques [...]. Plus de 400 substances font l'objet d'un suivi régulier dans les eaux wallonnes afin, notamment, de respecter les réglementations en vigueur. (Cellule Etat de l'Environnement Wallon, 2006-2007).

V.1.1 Pesticides

Il est à noter que le taux total de pollution des eaux souterraines dépend des quantités de substances actives utilisées mais également des modes d'application et du devenir des molécules (produit de dégradation, rémanence). Lorsque les conditions d'utilisation sont respectées, 90 % des molécules non assimilées par la végétation peuvent être dégradées dans l'horizon superficiel du sol via des processus biologiques et physico-chimiques. Dans le cas d'utilisation sur des surfaces imperméables (asphalte, pavés,...) ou semi-perméables (gravier, ballast,...), 40 à 60 % des pesticides appliqués peuvent être entraînés par les eaux de ruissellement.

Les sous-bassins hydrographiques où les apports en pesticides sont les plus importants (Escaut-Lys, Dyle-Gette, Dendre, Senne, Haine, Sambre et Meuse aval, [Figure V.19](#)) correspondent aux régions agricoles où les grandes cultures dominent (Campine hennuyère, Condroz et Régions limoneuses et sablo-limoneuses). Il est à remarquer que si plus de la moitié des pesticides est utilisée par les agriculteurs et les horticulteurs, un tiers l'est par les particuliers dans le cadre du jardinage.

La carte Malonne - Naninne se situe majoritairement dans le bassin hydrographique « Meuse amont et Oise », où les apports moyens en pesticides pour l'année 2003 se situaient entre 0,2 et 1 kg/ha ([Figure V.19](#)), soit un apport moyen, et minoritairement au bassin hydrographique de la Sambre, où les apports moyens en pesticides pour l'année 2003 se situaient entre 1 et 2 kg/ha, soit un apport important.

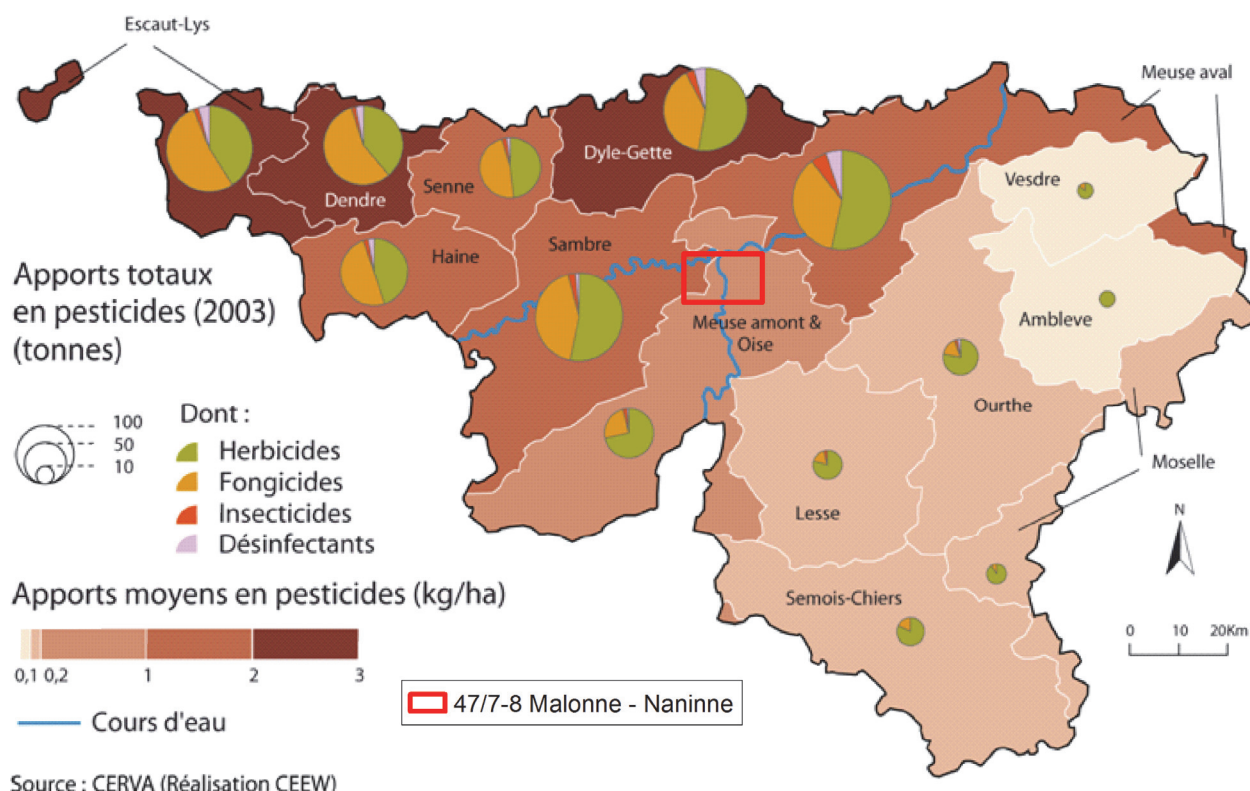


Figure V.19 : Apport total et moyens en pesticides, en tonnes pour l'année 2003, par sous-bassins hydrographique (Etat de l'Environnement Wallon, 2006-2007) et localisation de la carte Malonne - Naninne.

Parmi les herbicides, les plus problématiques sont l'atrazine et son principal métabolite (la déséthylatrazine), le bentazone et le 2,6-dichlorobenzamide, produit de dégradation du dichlobenyl. L'atrazine, bien que définitivement interdite depuis septembre 2005, est le pesticide le plus communément détecté en concentrations élevées dans les eaux souterraines, en raison notamment de sa mobilité et de sa persistance dans les sols et les aquifères. Les distributeurs d'eau notent cependant une diminution progressive de la pollution à l'atrazine depuis 2002.

Certains herbicides sont l'apanage des agriculteurs, comme les produits dérivés du groupe chimique triazine (atrazine, simazine, propazine), qui sont des herbicides sélectifs utilisés principalement pour la culture du maïs, ou la Bentazone, utilisée dans les cultures céréalières, de la pomme de terre, du lin, des haricots et petits pois,... D'autres, comme le Diuron, sont plutôt utilisés par les particuliers (jardin et potager) et les communes (entretien des voiries et lieux publics).

Le [Tableau V.8](#) reprend les pesticides les plus importants analysés dans divers ouvrages présents sur la carte. Les puits analysés présentent des teneurs en pesticides assez diverses et plus ou moins importantes ([Tableau V.8](#)). La plupart des captages de la carte Malonne – Naninne montre la présence de pesticides sans pour autant que les concentrations dépassent les normes de potabilité.

Pour le captage de Jambes sollicitant la nappe alluviale de la Meuse les concentrations en atrazine sont en diminution depuis les années 1995 comme le montre la *Figure V.20*.

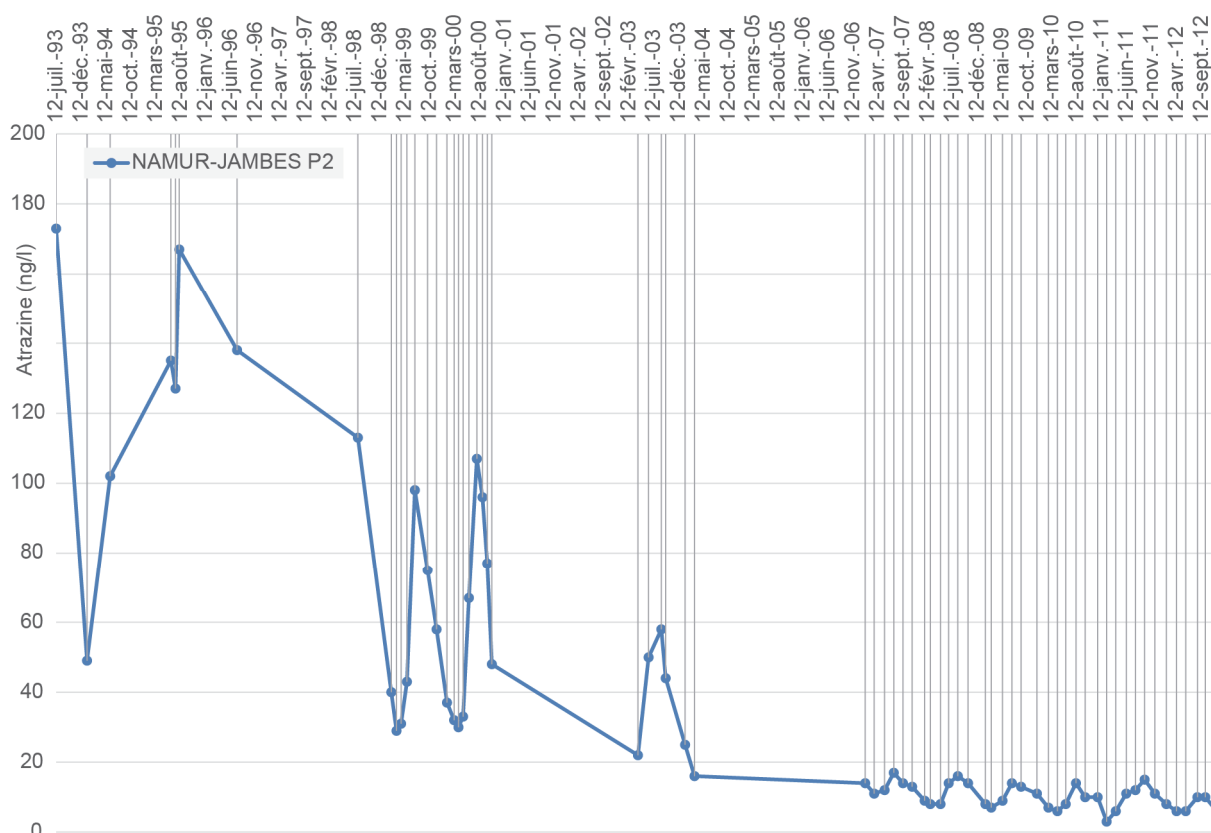


Figure V.20 Evolution de la teneur en Atrazine dans le puits NAMUR-JAMBES P2 sollicitant la nappe de l'Aquifère alluvial de la Meuse (CALYPSO, 2013).

Pour certaine nappe comme celle de l'Aquifère des calcaires du Carbonifère et suivant les zones, certain pesticide, comme la bentazone, reste un problème important à ce jour ; les concentrations en bentazone du puits BERLEMONT, systématiquement supérieures aux normes de potabilité (100 ng/l), en sont un exemple frappant (*Figure V.21*).

Tableau V.8 : Teneurs en pesticides pour quelques ouvrages de la carte Malonne - Naninne.

Aquifère sollicité		Aquifère alluvial	Aquitard du Famennien	Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien			Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	Aquifère des calcaires du Carbonifère		Eau de surface
Paramètre	Unité	Namur-Jambes P2	Ladrière	Source Jacquet	Les Rochettes G1	Pachi al Fontaine	Les Flawnees	Berlemont	Reumonjoie 1	Tailfer
	Norme									
Date		14/12/12	10/12/12	31/01/12	26/03/12	23/04/12	29/10/12	30/07/12	07/02/12	14/12/10
2,6 - dichlorobenzamide	ng/l	3	11	28	22	23	1	<10	<10	<30
Atrazine	ng/l	6	2	6	9	6	0	<10	<10	<30
Bentazone	ng/l	1	0	0	0	0	0	247	<10	<20
Bromacile	ng/l	0	0	0	0	0	0	<10	<10	<30
Chlortoluron	ng/l	0	0	0	0	0	0	<10	<10	41
Déséthylatrazine	ng/l	14	3	19	16	15	0	<10	<10	<30
Diuron	ng/l	1	0	0	0	0	0	<10	<10	<30
Isoproturon	ng/l	1	0	0	0	0	0	<10	<10	<30
Propazine	ng/l	0	0	0	0	0	1	<10	<10	/
Simazine	ng/l	2	0	0	6	5	0	<10	<10	<30
Pesticides totaux	µg/l	0.03	0.02	0.05	0.05	0.05	0.00	>0.247	/	/

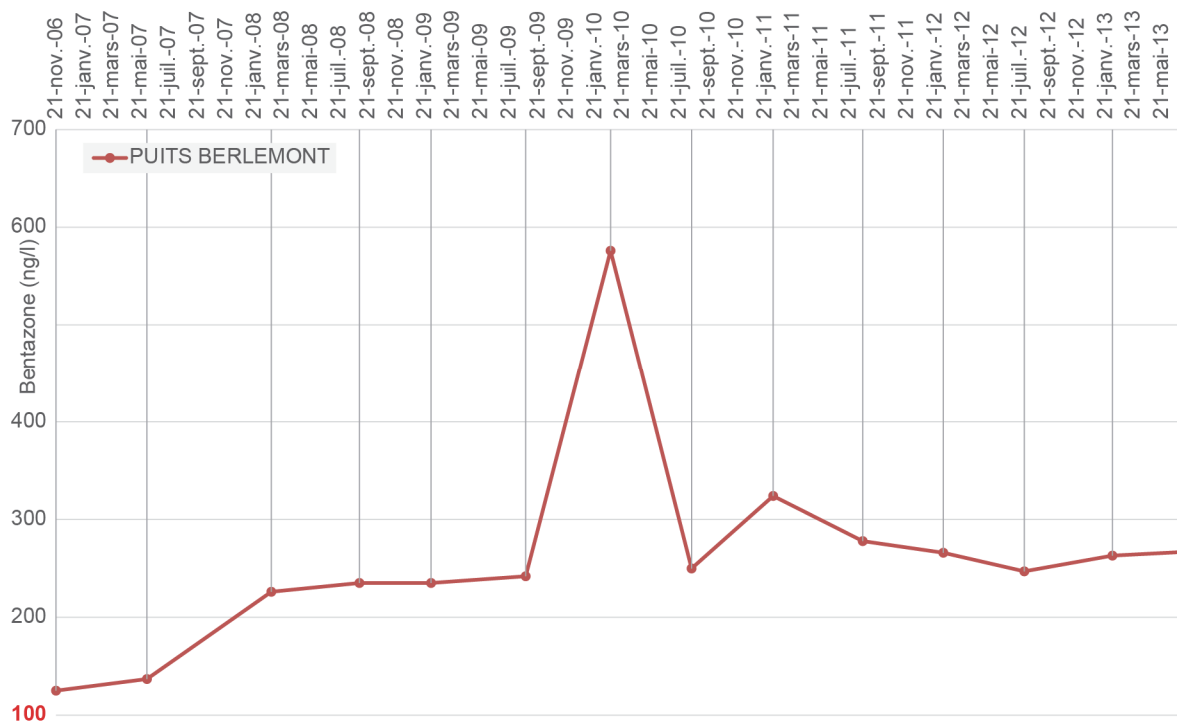


Figure V.21 Evolution de la teneur en bentazone dans le puits BERLEMONT sollicitant la nappe de l'Aquifère des calcaires du Carbonifère (CALYPSO, 2013).

V.1.2 Métaux

Les métaux représentent les micropolluants minéraux que l'on appelle aussi les éléments traces métalliques (ETM). Les principaux ETM que l'on trouve dans les eaux sont le cadmium (Cd), le plomb (Pb), le chrome (Cr), le mercure (Hg), l'arsenic (As), le cuivre (Cu), le zinc (Zn) et le nickel (Ni). Ces éléments sont présents naturellement dans les roches et les sols. Les concentrations actuelles résultent cependant pour la plupart de diverses activités humaines (sidérurgie, tannerie, transport routier, effluents agricoles...). Tous les hauts niveaux d'ETM ne sont pas le résultat d'une pollution mais peuvent résulter, dans certaines régions, du bruit de fond pédogéochimique (p. ex. : plomb dans la région de Plombières) (*Cellule Etat de l'Environnement Wallon, 2006-2007*). Il est à noter qu'un traitement simple des eaux peut facilement éliminer ces éléments indésirables.

Le [Tableau V.9](#) présente les analyses en métaux les plus récentes disponibles pour la carte Malonne - Naninne. Les métaux lourds sont présents en quantités négligeables. Les concentrations restent généralement inférieures aux normes de potabilité, excepté pour le zinc au niveau du puits LES FLAWNEES, sollicitant la nappe de l'Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur. Il est à noter qu'un traitement simple des eaux peut facilement éliminer ces éléments indésirables.

Tableau V.9 : Teneurs en métaux lourds de quelques ouvrages de la carte Malonne – Naninne.

Aquifère sollicité		Aquifère des calcaires du Carbonifère		Aquifère alluvial		Aquifère du Famennien		Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur		Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien		
Paramètre	Unité	Norme	Berlemont	Namur-Jambes P8	Ladrière	Les Flawnees	Source Jacquet	Les Rochettes	Pachi al Fontaine			
Date		AGW 15/01/04	16/07/13	09/11/12	10/12/12	29/10/12	31/01/12	26/03/12	23/04/12			
Antimoine	µg/l	5	<1	0.1	0.2	0	0	0	0			
Arsenic	µg/l	10	<1	0.3	0.2	0.21	0.1	0.2	0.1			
Bore	µg/l	1000	<20	85	22	9	12	25	28			
Cadmium	µg/l	5	0.04	0	0	0.1	0	0	0			
Chrome (total)	µg/l	20	<1	0.7	0.21	0.1	0.3	0.5	0.3			
Cuivre	µg/l	100	7.2	0.7	3.5	1.9	1.4	0.4	0.6			
Fer (total) dissous	µg/l	200	/	6	41	29	20	68	4			
Manganèse	µg/l	50	/	0.5	0.6	1.5	0.2	0.4	0.5			
Mercuré	µg/l	1	<0.05	0	0	0	0	0	0			
Nickel	µg/l	20	1.6	0.9	2.1	6.2	0	0	0			
Plomb	µg/l	10	<1	0.3	0.8	1	0.2	0.4	0.3			
Selenium	µg/l	10	<1	0.7	0.4	0.2	0.5	0.4	0.4			
Zinc	µg/l	200	157	8	17	401	12	33	2			

V.2. QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE

On trouve naturellement dans l'eau des microorganismes (bactéries, virus, protozoaires, ...), dont certains sont pathogènes pour l'homme. Dans les pays occidentaux, les problèmes liés à leur présence sont bien maîtrisés grâce aux contrôles de la qualité microbiologique de l'eau de distribution, et aux traitements de désinfection qui ont été systématisés dès le début du XX^e siècle. La qualité microbiologique de l'eau est évaluée en mesurant la présence de bactéries indicatrices de contamination fécale (entérocoques, E. Coli, coliformes). Dans les eaux de surface, elles sont naturellement présentes en plus grand nombre que dans les eaux souterraines. Ainsi, seule la moitié des prélèvements d'eaux de surface présente avant traitement des teneurs en coliformes totaux correspondant à la meilleure classe de qualité SEQ Eau (maximum 50 unités par 100 ml), alors qu'ils sont plus de 98 % pour les eaux issues de puits forés. La législation actuelle impose l'absence (0 unités formant colonies/100 ml) de ces bactéries indicatrices dans l'eau de distribution, ce qui nécessite des traitements de désinfection (Cellule Etat de l'Environnement Wallon, 2006-2007).

Parmi les autres paramètres régulièrement contrôlés au niveau des captages de distribution publique et des exploitations agricoles et industrielles, les analyses bactériologiques occupent une place importante.

La plupart des puits analysés, quel que soit l'unité hydrogéologique concernée, contiennent des bactéries ([Tableau V.8](#)).

Les pollutions dans l'eau sont généralement liées aux traitements d'épandage de tous ordres, principalement dans l'agriculture et aux déversements d'industries de fabrication et de conditionnement mais également de particuliers. Les puits domestiques non équipés correctement sont moins bien protégés contre les infiltrations de surface. Dans tous les cas, un traitement permet de rendre l'eau potable.

Tableau V.10 : Résultats des analyses microbiologiques pour quelques ouvrages de la carte Malonne – Naninne.

Aquifère sollicité		Aquifère des calcaires du Carbonifère		Aquifère alluvial	Aquitard du Famennien	Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien		
Paramètre	Unité	Norme	BERLEMONT	REUMONJOIE	LADRERIE	LES FLAWNEES	SOURCE JACQUET	LES ROCHETTES	PACHI AL FONTAINE
Date			07/02/12	07/02/12	10/12/12	29/10/12	31/12/12	26/03/12	23/004/12
Coliformes totaux	Colonies/100 ml	0	190	0	547	0	0	0	1
Entérocoques	Colonies/100 ml	0	1	0	77	0	0	0	0
Escherichia Coli	Colonies/100 ml	0	0	0	45	0	0	0	0
Germe totaux à 22 °C	Colonies/ml	0	540	42	300	4	0	3	60
Germe totaux à 36 °C	Colonies/ml	0	/	/	208	5	2	3	52

VI. EXPLOITATION DES AQUIFÈRES

La planchette Malonne - Naninne compte 189 ouvrages (*Tableau VI.1*) qui alimentent en eaux les communes couvertes par la carte ainsi que la ville de Bruxelles. Plusieurs nappes sont exploitées mais c'est essentiellement l'Aquifère alluvial de la Meuse qui fournit en eaux la population via les sociétés de distribution d'eau de la S.W.D.E., de VIVAQUA et de l'I.N.A.S.E.P.

De nombreux puits de particuliers (agriculture, privés et industries) sollicitent les différents aquifères de la carte Malonne - Naninne, plus particulièrement l'Aquitard du Famennien et l'Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller. Très peu de puits sont implantés dans les nappes des calcaires du Primaire (Dévonien et Carbonifère).

Tableau VI.1 : Répartition des ouvrages entre les différentes unités hydrogéologiques de la carte Malonne - Naninne.

Nappe sollicitée	Nombre d'ouvrages
Aquifère alluvial	44
Aquitard du Famennien	43
Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller	30
Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	18
Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur	19
Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien	15
Aquifère des calcaires du Carbonifère	8
Aquitard du socle cambro-silurien	6
Aquitard de l'Eifelien	3
Aquifère des calcaires du Frasnien	2
Aquifère - Aquitard - Aquiclude de l'Hastarien	1

Le poster A0 joint à cette notice contient une carte thématique des volumes qui reprend les volumes pompés pour l'année 2010 et 2011 pour la distribution publique, 2012 pour les particuliers et sociétés privées ainsi qu'une moyenne par an calculée pour les années 2008 à 2012.

L'exploitation d'une prise d'eau souterraine est soumise à de nombreux aléas et donc peut être variable. Les contraintes techniques de l'ouvrage, l'activité économique liée à ce captage, l'évolution des conditions hydrogéologiques de la nappe sollicitée et les éventuelles pollutions, peuvent limiter les capacités de production. La présentation des volumes moyens prélevés sur la Carte des volumes, correspond à la moyenne des années 2008 à 2012 encodées par l'administration (basés sur les déclarations des titulaires de prise d'eau). Ils illustrent de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la carte étudiée. Ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni de l'exploitation réelle des nappes mais reflètent l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années

considérées. Parmi ces dernières, il se peut que certaines d'entre elles soient non utilisées certaines années.

A l'échelle de la Wallonie, les volumes soutirés en eau de surface pour la distribution publique d'eau potable dans la Meuse sur la carte Malonne - Naninne sont les plus importants en Wallonie (Captage de Tailfer – Vivaqua).

VI.1. VOLUMES PRÉLEVÉS POUR LA DISTRIBUTION PUBLIQUE

Les volumes prélevés pour la distribution publique se font via la S.W.D.E., l'I.N.A.S.E.P et VIVAQUA. Les volumes les plus importants sont issues des eaux de surface, la Meuse en l'occurrence, et de la nappe de l'Aquifère alluvial de la Meuse.

Le [Tableau VI.2](#) reprend, avec leurs coordonnées géographiques, une liste de tous les captages qui ont fait et/ou font encore l'objet d'une exploitation sur la carte Malonne - Naninne en vue d'une distribution publique. La [Figure VI.1](#) localise ces captages. Les chiffres repris ci-dessous sont des volumes indicatifs de l'importance de la prise d'eau. Les volumes prélevés par les exploitants peuvent varier fortement d'une année à l'autre (allant d'un arrêt temporaire à une exploitation intense du captage).

En 2011 :

- **L'Aquifère alluviale de la Meuse** était intensivement exploité par :
 - un ensemble de 4 puits à hauteur de Lustin sur la rive droite de la Meuse appartenant à VIVAQUA ([Figure VI.1](#)) constituant le CAPTAGES DE TAILFER (CAPTAGE DE TAILFER-P2, P3, P5 et P7) avec la prise en Meuse TAILFER, prélevant elle environ 48 000 000 m³ en 2010 directement dans la Meuse. Les puits en activité prélèvent dans la nappe alluviale entre 772 000 m³/an et plus de 1 000 000 m³/an. L'eau de ces captages alimente principalement la ville de Bruxelles via un aqueduc, grâce à la seule force gravitaire.
 - un ensemble de 7 puits appartenant à la S.W.D.E. (NAMUR-JAMBES P2 à P9) implantés en rive droite de la Meuse à Jambes ([Figure VI.1](#)). Ces puits alimentent en grande partie la ville de Namur et prélèvent dans la nappe alluviale entre 16 000 m³/an et plus de 1 000 000 m³/an.
- **L'Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien** était sollicité par 3 ouvrages de la S.W.D.E. situés entre Naninne et Dave ([Figure VI.1](#)) :
 - la source JACQUET E1 produisant entre 18 000 et 81 000 m³/an ;

- deux puits sur galerie : LES ROCHETTES G1 et PACHI AL FONTAINE G1 produisant respectivement entre 200 et 38 000 m³/an et entre 100 et 26 000 m³/an.
- **L'Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur** est sollicité par :
 - le puits communal MARLAGNE, au nord de Lesve (*Figure VI.1*). Ce puits n'est cependant plus exploité depuis 1992, année durant laquelle 42 000 m³ furent prélevés ;
 - les puits LESVE P1 et LESVE P2 de la S.W.D.E., situés à l'ouest du puits MARLAGNE (*Figure VI.1*). LESVE P1 a cessé d'être exploité en 1994, année durant laquelle 5 000 m³/an furent prélevés. LESVE P2 a cessé d'être exploité en 1999 et a produit entre 9 000 et 64 000 m³/an ;
 - le drain LES FLAWNEES de la S.W.D.E., à l'est de Dave (*Figure VI.1*). Ce drain a produit entre 2 000 et 7 000 m³/an.
- **L'Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur** est sollicité par :
 - le puits sur galerie BELLE FONTAINE G1 de la S.W.D.E., situé au nord de Lesve (*Figure VI.1*), dans le sud du Bois de Haute Marlagne et qui collecte les eaux qui sourdent à cet endroit et s'écoulent vers le R^{au} de Floreffe, a prélevé entre 17 000 et 171 000 m³/an ;
 - le puits sur galerie RUE DU BURNOT-GALERIE de l'I.N.A.S.E.P (*Figure VI.1*). Ce dernier produisait entre 2 000 et 22 000 m³/an mais est désaffecté depuis 1999.
- **L'Aquitard du Famennien** est sollicité par la source LADRERIE de la S.W.D.E., située au nord de Lustin (*Figure VI.1*) et produisant entre 60 000 et 119 000 m³/an ;
- **L'Aquiclude du Famennien** est sollicité par la source BELLE FONTAINE, appartenant à VIVAQUA (*Figure VI.1*). Cette source, qui n'est plus exploitée depuis 1996, a produit entre 11 000 et 34 000 m³/an.

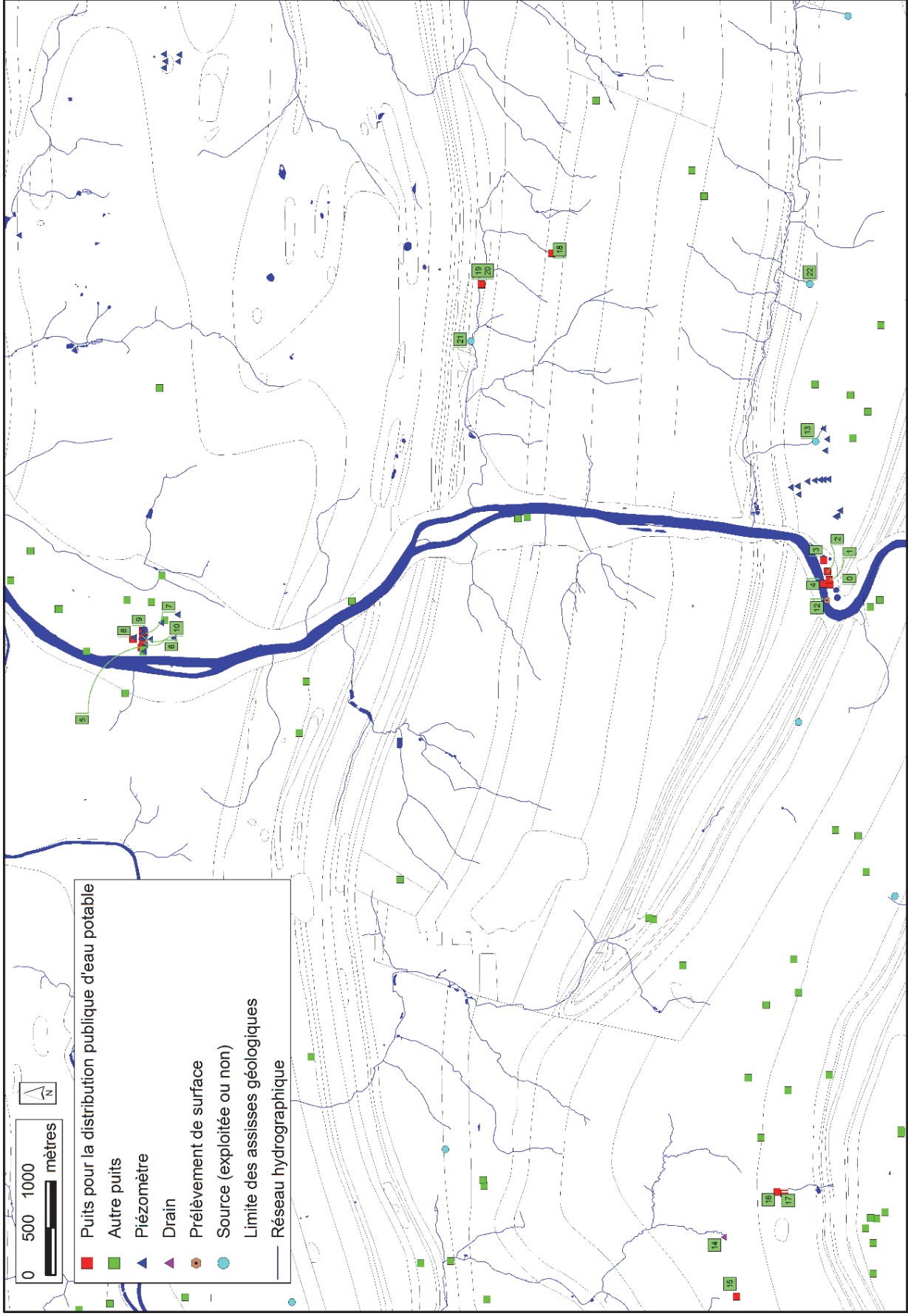


Figure VI.1 : Localisation sur la carte Malonne - Naninne des captages pour la distribution publique d'eau potable.

Tableau VI.2: Liste des captages qui font ou on fait l'objet d'une exploitation sur la carte Malonne - Naninne (source : banque de données hydrogéologiques de la région Wallonne).

N°	Nom de l'ouvrage	Unité hydrogéologique	Volume maximum en m ³ /an (année)
0	UCTR Tailfer Puits 2	Aquifère alluvial (Meuse)	1 038 500 (1993)
1	Captage de Tailfer-P2		772 980 (1996)
2	Captage de Tailfer -P3		834 100 (1991)
3	Captage de Tailfer -P5		/
4	Captage de Tailfer -P7		/
5	Namur-Jambes P2		624 329 (2004)
6	Namur-Jambes P3		903 641 (2004)
7	Namur-Jambes P4		981 303 (2004)
8	Namur-Jambes P5		232 285 (2004)
9	Namur-Jambes P6		51 574 (2004)
10	Namur-Jambes P7		67 455 (2004)
11	Namur-Jambes P8	566 081 (2004)	
12	Tailfer	Eau de la Meuse	40 111 000 (2004) 56 287 000 (1996)
13	Ladriere	Aquitard du Famennien	70 670 (2004) 118 567 (1997)
14	Belle Fontaine G1	Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur	50 339 (2001) 171 457 (1992)
15	Rue de Burnot – Galerie		2 443 (1999) 22 693 (1995)
16	Lesve P1	Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieure	4 931 (1994)
17	Lesve P2		9 606 (1999) 63 459 (1998)
18	Les Flawnees		3 809 (2004)
19	Les Rochettes G1	Aquiclude du socle cambro-silurien	17 483 (2004) 38 759 (1995)
20	Pachi Al Fontaine G1		9 510 (2004)
21	Source Jacquet 1		18 836 (2004) 81 517 (1994)
22	Belle Fontaine	Aquiclude du Famennien	50 339 (2001) 171 457 (1992)

VI.2. AUTRES VOLUMES CAPTÉS

Outre la distribution publique, les nappes aquifères peuvent être exploitées à plus petite échelle, souvent pour un usage agricole ou domestique. Nous ne disposons que de peu d'informations quant à ce type de volumes pompés mais ceux-ci excèdent rarement les 1 000 m³ par an sur la carte Malonne - Naninne. Parmi les ouvrages privés ayant soutiré, ces dix dernières années, des volumes supérieurs à 3 000 m³/an citons plus particulièrement les ouvrages suivants (*Figure VI.2*) :

- La source INSTITUT SAINT BERTHUIN, exploité par l'Institut Saint Berthuin de Malonne. Cette source sollicite l'Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller et produit entre 5 000 et 51 000 m³/an ;

- Le puits ZONING INDUSTRIEL MTS BENELUX, exploité par la S.A. MTS BENELUX. Ce puits sollicite la nappe de l'Aquifère alluviale de la Sambre et y a prélevé entre 14 000 m³ et plus de 33 000 m³/an entre 2005 et 2012 ;
- Le puits USINE 1 exploité par la S.A. ETS. J. REMACLE. Ce puits sollicite la nappe de l'Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller et y a prélevé entre 3400 m³ et plus de 13 000 m³/an entre 2000 et 2012 ;
- Le puits RIVAGE, exploité par l'Institut Psychiatrique Saint-Martin. Ce puits sollicite la nappe alluviale de la Meuse et y a prélevé entre 55 000 m³ et 121 000 m³/an d'eau entre 1995 et 2011 ;
- Le puits GB PF 1 exploité par la S.A. Accor Hotels Belgium. Ce puits sollicite la nappe de l'Aquifère alluviale de la Meuse et y a prélevé entre 2 000 m³ et 25 000 m³/an entre 1999 et 2009 ;
- Le puits GB PF 2 exploité par CARREFOUR BELGIUM. Ce puits sollicite la nappe de l'Aquifère alluviale de la Meuse et y a prélevé entre 1600 m³ et plus de 8 000 m³/an entre 2005 et 2009 ;
- Le puits PISCINE D'ENHAIVE exploité par l'administration communale de Namur. Ce puits sollicite probablement la nappe de l'Aquifère alluviale de la Meuse et de l'Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller et a prélevé entre 337 m³ et plus de 20 000 m³/an entre 1999 et 2012 ;
- Le puits BLANCHISSERIE IMPERATOR exploité par la S.P.R.L. IMPERATOR. Ce puits sollicite la nappe de l'Aquifère alluviale de la Meuse et y a prélevé entre 1700 m³ et plus de 5 000 m³/an entre 1996 et 2012.

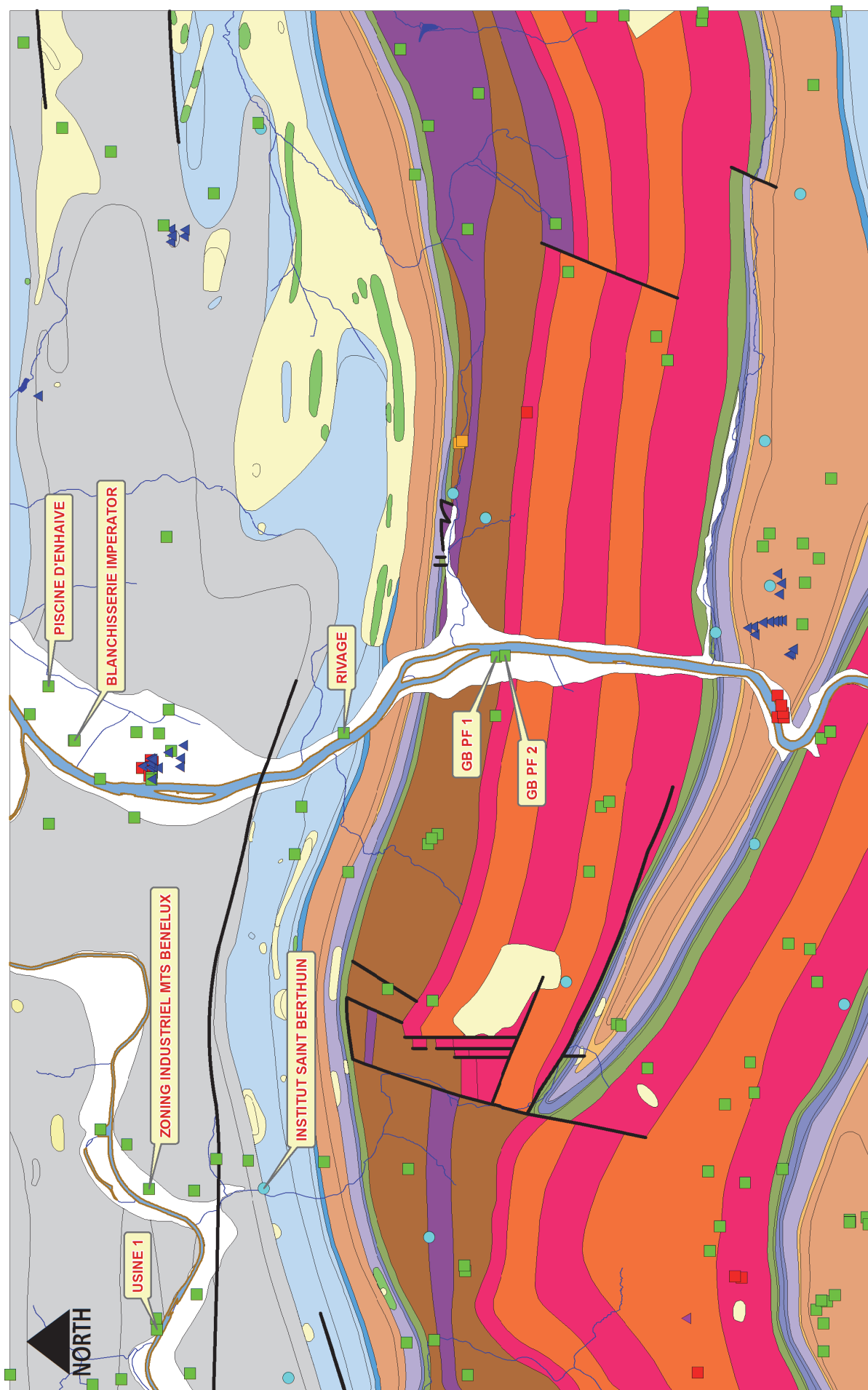


Figure VI.2 : Localisation des ouvrages BLANCHISSERIE IMPERATOR, PISCINE D'ENHAIVE, GB PF1, GB PF2, RIVAGE, ZONING INDUSTRIEL MTS BENEUX, INSTITUT SAINT BERTHUIJN et USINE 1.

VII. PARAMÈTRES HYDROGÉOLOGIQUES

VII.1. PARAMÈTRES D'ÉCOULEMENT

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

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

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

Les valeurs des paramètres peuvent varier suivant les échelles d'investigation. On parlera de valeurs à l'échelle macroscopique pour les essais réalisés sur échantillons en laboratoire, par comparaison aux valeurs à l'échelle mégascopique relatives aux zones investiguées lors d'essais menés sur le terrain.

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

A titre indicatif, les *Tableau VII.1* et *Tableau VII.2* présentent quelques valeurs de conductivité hydraulique selon le type de terrain (roche meuble ou indurée, lithologie, degré de fissuration...).

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

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

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

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

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

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

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

VII.1.1 Aquifère alluvial

L'étude réalisée en 1999 par ECOFOX sur le captage de Jambes, appartenant à la S.W.D.E., nous renseigne sur quelques paramètres d'écoulement de l'Aquifère alluvial de la Meuse.

Les perméabilités (k) calculées aux différents piézomètres du captage de Jambes, déduites des essais de pompage, sont comprises entre $3.2 \cdot 10^{-5}$ et $1.7 \cdot 10^{-2}$ m²/sec ([Tableau VII.3](#)). Les coefficients d'emmagasinement varient entre $4 \cdot 10^{-3}$ et $1 \cdot 10^{-2}$. Les porosités efficaces varient entre 4 et 15 %.

La grande hétérogénéité lithologique et granulométrique de ce type d'aquifère (limon + gravier + fissures du bedrock houiller), liée, entre autre, à la présence de chenaux anastomosés, se traduit par une large variation des paramètres.

Une étude, réalisé par ECOFOX en 1996 sur le puits ZONING INDUSTRIEL MTS BENELUX de 8 m de profondeur, nous donne des valeurs pour les paramètres d'écoulement pour l'**Aquifère alluvial de la Sambre**. La perméabilité calculée en régime permanent est de $9.2 \cdot 10^{-4}$ m/s. Les perméabilités obtenues sont comprises entre $3 \cdot 10^{-5}$ et $2.3 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Tableau VII.3 Transmissivités de l'Aquifère alluvial de la Meuse calculées sur base des débits et perméabilité (K) déduite des transmissivités (ECOFOX, 1999).

PZ 8			prof (m)	11
Débit (m ³ /h)	Transmissivité (m ² /sec)		Perméabilité (m/sec)	
	Pompage	Remontée	K (P)	K(R)
29,29	1,8E-02	1,8E-02	1,6E-03	1,6E-03
39,33	1,7E-02	1,8E-02	1,5E-03	1,6E-03
24,52	2,5E-02	2,2E-02	2,3E-03	2,0E-03

PZ 9			prof (m)	12
Débit (m ³ /h)	Transmissivité (m ² /sec)		Perméabilité (m/sec)	
	Pompage	Remontée	K (P)	K(R)
25,71	8,8E-03	8,0E-03	8,0E-04	7,3E-04
32,58	1,1E-03	9,6E-03	1,0E-04	8,7E-04
39,86	1,1E-02	1,0E-02	1,0E-03	9,1E-04

PZ 10			prof (m)	12
Débit (m ³ /h)	Transmissivité (m ² /sec)		Perméabilité (m/sec)	
	Pompage	Remontée	K (P)	K(R)
21,8	8,2E-02	8,3E-02	7,5E-03	7,6E-03
31,36	1,4E-02	9,1E-02	1,2E-03	8,3E-03
48,77	1,3E-02	2,0E-02	1,1E-03	1,8E-03

PZ 11			prof (m)	14
Débit (m ³ /h)	Transmissivité (m ² /sec)		Perméabilité (m/sec)	
	Pompage	Remontée	K (P)	K(R)
5,14	5,1E-04	3,6E-04	4,7E-05	3,2E-05
9,58	6,5E-03	/	5,9E-04	/
5,7	1,6E-03	/	1,5E-04	/

PZ 12			prof (m)	14
Débit (m ³ /h)	Transmissivité (m ² /sec)		Perméabilité (m/sec)	
	Pompage	Remontée	K (P)	K(R)
44,75	1,2E-02	1,2E-01	1,1E-03	1,1E-02
53,15	8,2E-03	3,2E-02	7,5E-04	2,9E-03
29,95	1,3E-02	6,2E-02	1,1E-03	5,6E-03

PZ 14			prof (m)	14
Débit (m ³ /h)	Transmissivité (m ² /sec)		Perméabilité (m/sec)	
	Pompage	Remontée	K (P)	K(R)
9,21	1,8E-02	4,6E-02	1,6E-03	4,2E-03
11,79	1,0E-01	1,9E-01	9,3E-03	1,7E-02

PZ 15			prof (m)	14
Débit (m ³ /h)	Transmissivité (m ² /sec)		Perméabilité (m/sec)	
	Pompage	Remontée	K (P)	K(R)
30,69	3,9E-02	4,5E-02	3,5E-03	4,1E-03
56,08	4,2E-02	8,6E-02	3,8E-03	7,8E-03
87,9	4,2E-02	1,9E-01	3,8E-03	1,7E-02

VII.1.2 Aquifère des calcaires du Carbonifère

Des essais de pompage ont été réalisés en 2006 (BCG, 2006) sur 6 piézomètres sollicitant la nappe des calcaires carbonifères dans le cadre de la délimitation de la zone de prévention du captage de CRUPET (*VIII.1.1.2 Captage de Crupet, p. 107*) situé sur la carte au sud 53/3-4 (Bioul - Yvoir). La notice de cette dernière peut être consultée pour plus d'informations.

VII.1.3 Aquitard du Famennien

Une étude, réalisée par ECOFOX (1994), sur le captage de LADRERIE (source), nous donne quelques valeurs pour les paramètres d'écoulement de la Fm de Ciney (Aquitard du Famennien). La porosité efficace, au niveau de l'extrémité SE de la carte Malonne – Naninne, serait de 5.2 %.

Il est à remarquer que dans cette étude (ECOFOX, 1994) ces paramètres se rapportent aux calcaires du Carbonifère, roches identifiées par le foreur sous 25 m d'un « remplissage de sable argileux » au niveau des puits de reconnaissance PR 1 Lustin et PR 3 Lustin (Figure IV.14, p. 53). La nouvelle carte géologique, à paraître, ne mentionnant pas l'existence de ces calcaires, ni de ces sables argileux. Les résultats de l'étude ont été attribués à la formation affleurante ; la Fm de Ciney.

VII.2. PARAMÈTRES DE TRANSPORT

Les paramètres de transport renseignent sur la vitesse à laquelle une substance (polluant, traceur) va se déplacer dans le sous-sol à la faveur des circulations d'eaux souterraines. Ces paramètres sont généralement déterminés à partir d'essais de traçage qui consistent à injecter un traceur dans la nappe, via un piézomètre ou une perte, et à observer sa restitution en un autre point de la nappe (résurgences, sources, captages).

Les essais de traçage renseignent sur les temps de transfert d'une substance miscible dans la nappe dans les conditions expérimentales. Ils permettent de calculer les paramètres de transport (porosité, dispersivité, ...).

VII.2.1 Aquifère alluvial

L'étude réalisée en 1999 par ECOFOX sur le captage de Jambes, appartenant à la S.W.D.E., nous renseigne sur quelques paramètres de transport de l'Aquifère alluviale de la Meuse.

Les dispersivités longitudinales sont comprises entre 5 et 25 m et les dispersivités transversales entre 0.3 et 1 m.

VII.2.2 Aquifère des calcaires du Carbonifère

Des essais de traçage ont été réalisés du 18 octobre au 10 novembre 2006 par BCG (2006) sur 5 piézomètres sollicitant la nappe des calcaires carbonifères dans le cadre de la délimitation de la zone de prévention du captage de CRUPET (VIII.1.1.2 Captage de Crupet, p. 107). Toujours dans le même cadre, deux essais de traçage ont été réalisés entre le captage de Crupet et deux sites sensibles : le Ry de Vovesène et une perte à 40 cm du Crupet. Le

captage de Crupet se situe sur la carte au sud 53/3-4 (Bioul - Yvoir). La notice de cette dernière peut être consultée pour plus d'informations.

VII.2.3 Aquitard du Famennien

Une étude, réalisée par ECOFOX (1994), sur le captage de LADRERIE (source) nous donne quelques valeurs pour les paramètres de transport de la Fm de Ciney (Aquitard du Famennien). La dispersivité longitudinale varierait entre 30 et 37 m, la dispersivité transversale serait de 10 m.

Il est à remarquer que dans cette étude (ECOFOX, 1994), ces paramètres se rapportent aux calcaires du Carbonifère, roches identifiées par le foreur sous 25 m d'un « remplissage de sable argileux » au niveau des puits de reconnaissance PR 1 Lustin et PR 3 Lustin (Figure IV.14, p. 53). La nouvelle carte géologique à paraître ne mentionnant pas l'existence de ces calcaires, ni de ces sables argileux. Les résultats ont été attribués à la formation affleurante ; la Fm de Ciney.

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 wallonne³ définit 4 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).

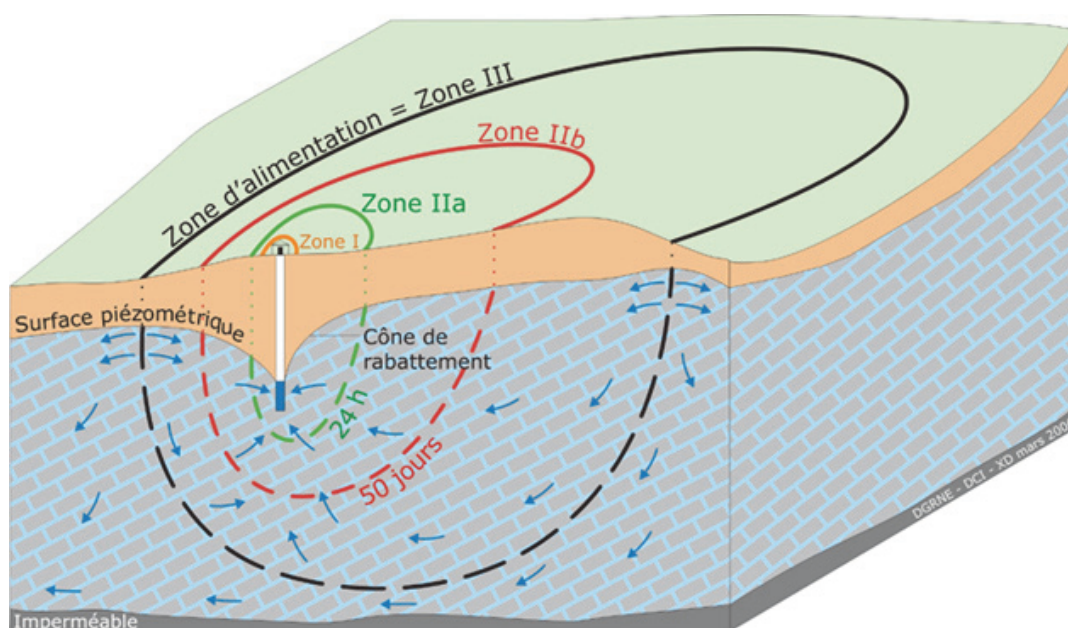


Figure VIII.1 : Zones de protection en Région Wallonne (SPW-DGO 3, 2012)
<http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/index.htm>

VIII.1.1 Zone de prise d'eau ou zone I

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

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

VIII.1.2 Zones de prévention rapprochée et éloignée ou zones IIa et IIb

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

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

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

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

A défaut de données suffisantes permettant de définir la zone IIa selon le critère des temps de transfert, la législation suggère de délimiter la zone IIa par une ligne située à une distance horizontale minimale de 35 mètres à partir des installations de surface, dans le cas d'un puits, et par deux lignes situées à 25 mètres au minimum de part et d'autre de la projection en surface de l'axe longitudinal dans le cas d'une galerie. En milieu karstique, tous les points préférentiels de pénétration (doline et pertes) dont la liaison avec le captage est établie sont classés en zone IIa.

2. 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 m pour les formations aquifères sableuses ;
- 500 m pour les formations aquifères graveleuses ;
- 1 000 m pour les formations aquifères fissurés ou karstiques.

VIII.1.3 Zone de surveillance ou zone III

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

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

VIII.1.4 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'Arrêté du Gouvernement Wallon du 12 février 2009⁴.

La Société publique de Gestion de l'Eau⁵ assure la gestion financière des dossiers concernant la protection des eaux potabilisables distribuées par réseaux, par le biais de contrats de service passés avec les producteurs d'eau. Pour financer les recherches relatives à la délimitation des zones de prévention et indemniser tout particulier ou toute société dont les biens doivent être mis en conformité avec la législation, une redevance de 0,107 € est prélevée sur chaque m³ fourni par les sociétés de distribution d'eau.

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

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

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

⁵ SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999

VIII.1. ZONES DE PRÉVENTION AUTOUR DES CAPTAGES

L'ensemble des captages qui sont destinés à une distribution publique d'eau ou à un usage alimentaire devra, dans un futur plus ou moins proche, faire l'objet d'une étude de délimitation des zones de prévention rapprochée et éloignée. Cette étude sera proposée au Service des Eaux Souterraines de la DGARNE et arrêtée, après éventuelle révision, par signature du ministre wallon en charge de l'environnement. Les zones de prévention qui doivent être définies sont symbolisées, sur la carte principale accompagnant cette notice, par un triangle vide centré sur les captages concernés. Les zones de prévention arrêtées sont quant à elles représentées en hachuré vertical pour une zone rapprochée et horizontal pour une zone éloignée.

VIII.1.1 Zone de prévention arrêtée

A la date du mois mars 2014, deux zones de prévention arrêtées étaient recensées sur la carte Malonne - Naninne : la zone de prévention « Jambes P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9 » (Code SWDE040) et la zone de prévention « Captage de Crupet » (code VIVAQUA07).

VIII.1.1.1. Captage « Jambes P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9 »

Le captage de Jambes est exploité par la S.W.D.E. et sollicite la nappe de l'Aquifère alluviale de la Meuse à hauteur de Jambes, en rive droite de Meuse. Les zones IIa et IIb arrêtées sont présentées à la [Figure VIII.2](#).

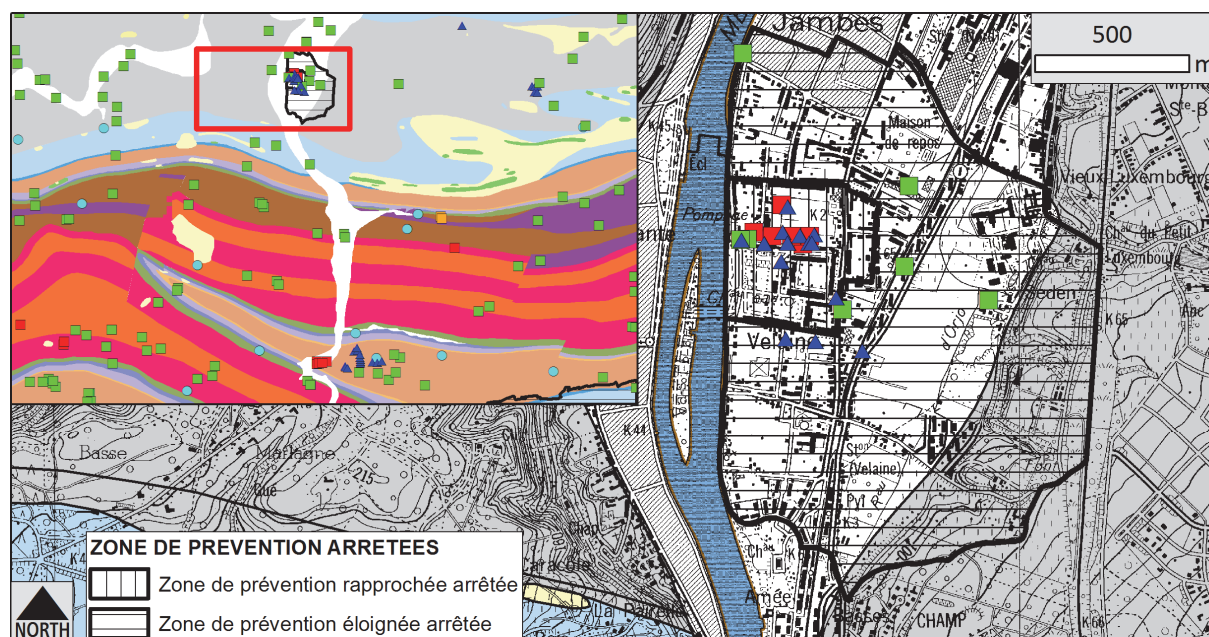


Figure VIII.2 Zones de prévention arrêtée de JAMBES.

Les captages consistent en 7 puits (P2 à P8). La délimitation proposée s'appuie sur une étude géologique et hydrogéologique dont les étapes peuvent être résumées comme suit :

- ✓ Forage de 8 piézomètres autour du site et pompages d'essai;
- ✓ Essais de traçage et modélisation mathématique (logiciel AQUA 3D) de l'écoulement et du transport par le bureau d'étude ECOFOX afin de délimiter les zones de prévention à partir des temps de transfert.

VIII.1.1.2. Captage de Crupet

Le captage de Crupet est exploité par VIVAQUA et sollicite la nappe de l'Aquifère des calcaires du Carbonifère (*Figure VIII.3*). La zone de prévention du captage de Crupet n'occupe qu'une petite superficie s'étendant sur quatre cartes (*Figure VIII.4*) et n'occupe qu'une petite superficie sur la carte Malonne – Naninne.

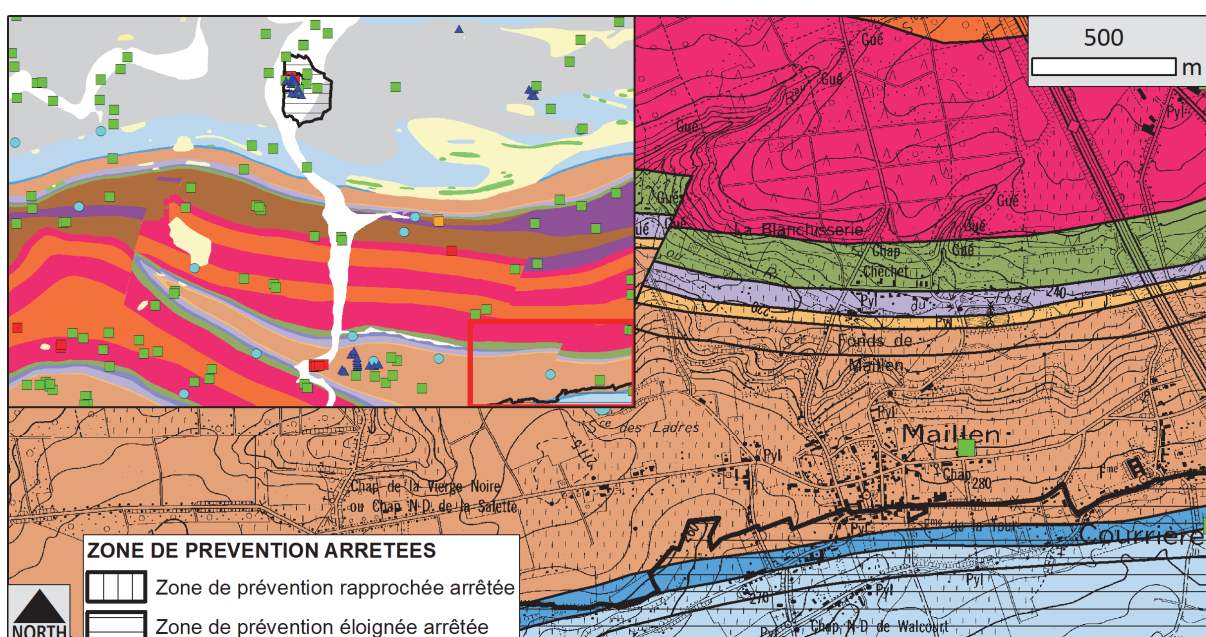


Figure VIII.3 : Extention de la zone de prévention du captage de Crupet localisée sur la carte de Malonne - Naninne.

Les captages consistent en trois galeries drainantes, Principale, Nord et Sud. L'ensemble des eaux souterraines récoltées ainsi est récupéré par un puits sur galerie par gravité (CAPTAGE DE CRUPET). La délimitation proposée s'appuie sur une étude géologique et hydrogéologique dont les étapes peuvent être résumées comme suit :

- ✓ Forage de 7 piézomètres autour du site ;
- ✓ Essai de pompages sur piézomètres et de traçage à partir des piézomètres et de sites sensibles (Ruisseau de Vovesène et aiguigeois sur la rive du Crupet) ;
- ✓ Les limites des zones de prévention ont été établies sur la base des temps de transfert calculés à partir de la vitesse effective, elle-même fonction de la vitesse de Darcy et de la porosité. La vitesse de Darcy ayant été calculée à

partir des perméabilités les plus élevées, calculées lors des essais de pompage.

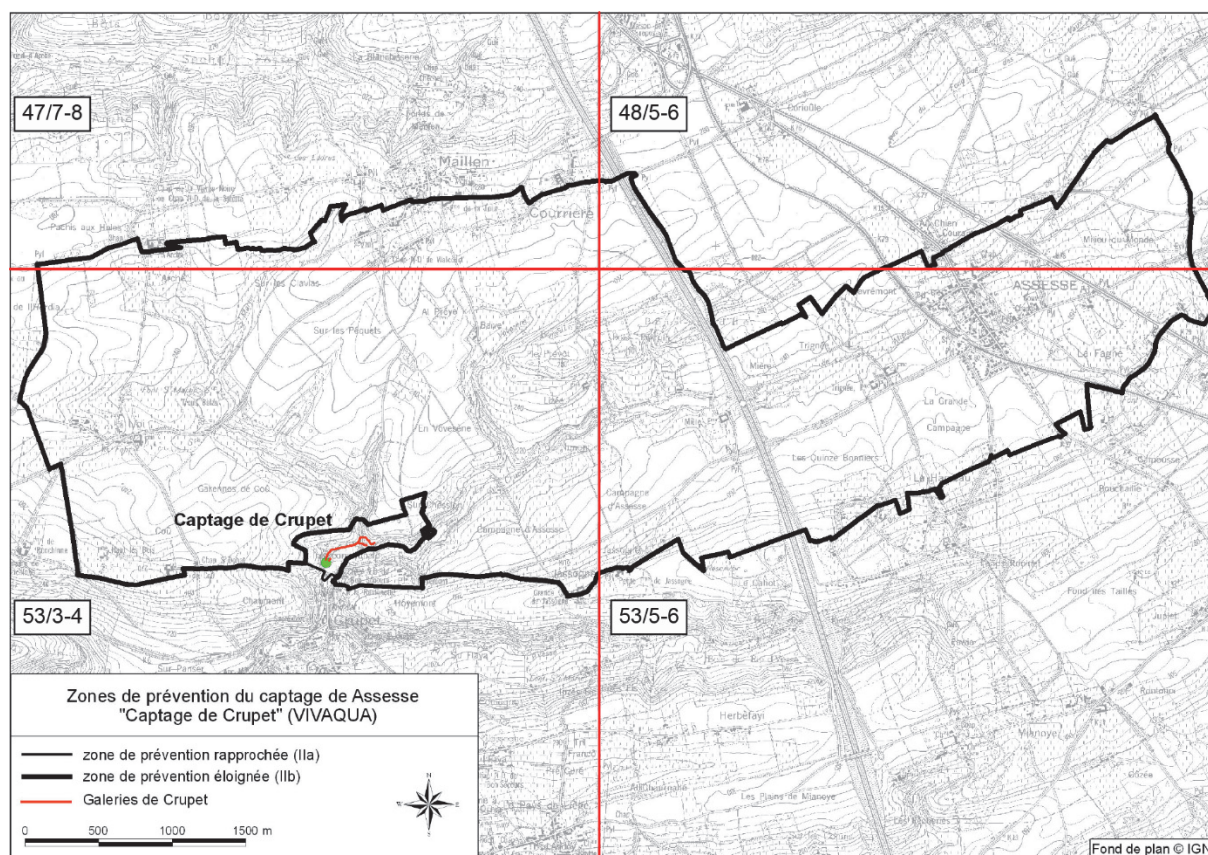


Figure VIII.4 : Zone de prévention du captage de Crupet (SPW-DGO 3, http://environnement.wallonie.be/zones_prevention/).

VIII.1.2 Zone de prévention à l'enquête publique

A la date du mois de mars 2014, aucune zone de prévention n'était à l'enquête publique sur la carte de Malonne - Naninne.

VIII.1.3 Zones de prévention à définir

A la date du mois de mars 2014, 7 zones de prévention étaient à définir sur la carte de Malonne – Naninne et concernaient 5 ouvrages de la S.W.D.E. (BELLE FONTAINE G1, SOURCE JACQUET E1, LES FLAWNEES, LES ROCHETTES G1 et LADRERIE), un ouvrage de l'INASEP (RUE DE BURNOT-GALERIE) et un ouvrage de VIVAQUA (USINE DE TAILFER PUIITS I). Ils sont représentés sur le poster au format A0 par le symbole △.

IX. MÉTHODOLOGIE D'ÉLABORATION DE LA CARTE HYDROGÉOLOGIQUE

Le présent chapitre décrit brièvement les principales sources d'informations géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques disponibles pour la région de Malonne - Naninne.

IX.1. INTRODUCTION

La réalisation de la carte hydrogéologique Malonne - Naninne (47/7-8) est basée essentiellement sur un travail de synthèse des données existantes provenant de sources multiples et variées. Ces données sont en outre complétées par des campagnes de mesures et de recherches d'information sur le terrain. Les informations récoltées sont ensuite stockées dans une banque de données géorelationnelle nommée "BD Hydro".

IX.2. COLLECTE DE DONNÉES

La première étape de la réalisation de la carte hydrogéologique est la collecte de données auprès de sources multiples et variées.

IX.2.1 Données géologiques et topographiques

Les données géologiques proviennent des descriptions de forages, disponibles principalement auprès du Service Géologique de Belgique, des foreurs et à partir d'études géologiques et hydrogéologiques diverses.

Les unités hydrogéologiques sont directement dérivées de la carte géologique n°155 Malonne - Naninne au 1/40 000 dressée par Stainier et Malaise (1901). Les fonds topographiques (récents et anciens) proviennent de l'Institut National Géographique de Belgique (sous licence SPW et transmis par la DGO 3 du SPW).

IX.2.2 Données météorologiques et hydrologiques

Les données climatiques proviennent de la station météorologique de Malonne (X : 182 905, Y : 124 269).

IX.2.3 Données hydrogéologiques

La majorité des données proviennent des bases de données (Base de données des captages "Dix-Sous", Base de données géographiques de référence, Banque de données hydrogéologiques BD HYDRO, la base de données hydrochimiques "CALYPSO") de la DGARNE du SPW.

IX.2.3.1. La banque de données BD HYDRO

Les données utilisées pour la construction de la carte hydrogéologique sont complexes et plus ou moins abondantes. Elles nécessitent de ce fait une organisation structurée de manière à optimiser leur stockage, leur gestion et leur mise à jour. Ainsi une base de données hydrogéologiques géorelationnelle a été développée (Gogu, 2000 ; Gogu, et al., 2001). Cette première version de la base de données BD HYDRO a été régulièrement améliorée. Dans un souci d'homogénéité entre les équipes et d'autres institutions (dont l'administration wallonne, D.G.A.R.N.E.), la base de données a été révisée. Le but est de créer un outil de travail commun et performant, répondant aux besoins des spécialistes impliqués dans la gestion des eaux souterraines. Les données hydrogéologiques dispersées géographiquement devaient être disponibles dans une seule base de données centralisée. Ainsi les données détaillées de l'hydrochimie, de la piézométrie, des volumes exploités, des paramètres d'écoulement et de transport, de la géologie, telles que les descriptions de log de forage et d'autres données administratives ou autre sont stockées dans la BD HYDRO qui se trouve à la D.G.A.R.N.E.. Ces données peuvent être demandées à la Direction des Eaux souterraines du SPW qui décide de leur accessibilité au cas par cas. 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. Parmi les nombreuses et diverses données de la BD HYDRO on trouve des informations relatives à la localisation des prises d'eau (puits, sources, piézomètres,...), leurs caractéristiques géologiques et techniques, ainsi que des données sur la piézométrie, la qualité physicochimique des eaux souterraines, les volumes prélevés... Les divers tests (diagraphies, essais de pompage, essais de traçage, prospection géophysique) sont également encodés dans la BD HYDRO. Elle est également enrichie avec les informations sur les études, rapports et autres documents hydrogéologiques écrits. Ces renseignements se présentent sous la forme de métadonnées.

Pour l'élaboration des différentes parties de la carte hydrogéologique, certaines données cartographiques sont numérisées et harmonisées.

IX.2.3.2. Localisation des ouvrages et sources

Les données sur les ouvrages proviennent de la BD HYDRO, des sociétés de distribution d'eau, des communes, des agriculteurs et des particuliers.

IX.2.3.3. Données piézométriques

Les données piézométriques proviennent des données collectées lors d'études hydrogéologiques par la Région Wallonne et des bureaux d'études ainsi que des mesures

piézométriques effectuées dans le cadre de la réalisation de cette carte en 2007, sur des piézomètres et des puits appartenant à des sociétés de distribution, des particuliers ou des agriculteurs. Cent dix-neuf valeurs sont disponibles pour 45 ouvrages.

IX.2.3.4. Données hydrochimiques

Les données hydrochimiques ont, pour la plupart, été fournies par la banque de données de la Région Wallonne CALYPSO. Environ 147 analyses chimiques ont été encodées dans la banque de données BD HYDRO. Au total, 52 454 valeurs de paramètres, concernant 31 ouvrages, sont disponibles.

IX.3. CONSTRUCTION DE LA CARTE HYDROGÉOLOGIQUE

Les limites des unités hydrogéologiques sont directement dérivées de la carte géologique n°155 Malonne - Naninne au 1/40 000 dressée par Stainier, X., et Malaise, M. (1901). Les types d'unités hydrogéologiques sont définis principalement sur base des descriptions lithologiques de cette carte, augmenté des descriptions lithologiques récentes obtenues auprès de Bernard Delcambre et Jean-Louis Pingot, ayant réalisé la nouvelle carte géologique de Malonne – Naninne 47/7-8 (*à paraître*). Dans certains cas, plusieurs unités géologiques superposées sont groupées en une seule unité hydrogéologique en tant qu'aquifère, aquiclude ou aquitard, selon leurs caractéristiques hydrodynamiques.

Sur la carte principale, les unités hydrogéologiques représentées sont celles sous la couche de limon et à l'affleurement. Une bonne compréhension de cette carte doit tenir compte des coupes géologiques et hydrogéologiques ainsi que du tableau de correspondance entre les formations géologiques et les unités hydrogéologiques. L'ensemble des unités hydrogéologiques, définies en Wallonie dans le cadre du projet "Carte des eaux souterraines de la Wallonie", est inventorié dans un tableau récapitulatif avec le nom et la couleur respectifs de chaque unité.

Des discontinuités peuvent apparaître entre les limites géologiques et/ou hydrogéologiques de la carte Malonne - Naninne et celles des cartes voisines à l'est (48/5-6 Gesves – Ohey), à l'ouest (47/5-6 Tamines – Fosses-la-Ville), au nord (47/3-4 Namur – Champion) et au sud (53-3-4 Bioul – Yvoir), toutes quatre réalisées avec un ancien fond géologique. Elles sont liées soit au fait que les raccords entre anciennes cartes n'étaient pas gérés de façon détaillée, soit à des descriptions lithologiques plus détaillées sur une carte par rapport à l'autre ou encore à des conditions de levé différentes (affleurements peu nombreux rendant la délimitation des assises impossible). Quatre discontinuités sont particulièrement visibles avec la carte à l'est (Gesves – Ohey), celle au sud (Bioul - Yvoir) et celle à l'ouest (Tamines – Fosse-la-Ville) :

- entre l'Aquitard du Famennien (Malonne – Naninne) et (1) l'Aquiclude du Famennien (Gesves – Ohey, Tamines – Fosse-la-Ville et Bioul - Yvoir) et (2) l'Aquifère des grès du Famennien (Bioul – Yvoir) dues à des descriptions lithologiques différentes pour ces deux cartes ;
- entre l'Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur (Malonne – Naninne) et l'Aquitard du Dévonien inférieur (Tamines – Fosses). Sur Tamines – Fosse-la-Ville la perméabilité est vue comme moyenne sur l'ensemble des sédiments terrigènes du Dévonien inférieur ;
- une autre petite discontinuité apparaît au nord de Mozet entre l'Aquifère des sables de remplissage et l'Aquiclude des argiles de remplissage. Cette dernière est due au fait que l'unité géologique est constitué d'argile (Ona) et de sable (Onx) et qu'un choix différent a été opéré sur les deux cartes pour l'unité hydrogéologique dû (1) au substratum différent d'une part (calcaire sur Gesves - Ohey et Houiller principalement sur Malonne – Naninne) et (2) d'autre part de l'absence de limite géologique au sein de l'unité géologique Ona, Onx pouvant départager les argiles des sables sur la carte Malonne - Naninne.

Le type de couverture d'une nappe est déterminé sur la base de la lithologie des formations géologiques d'âge cénozoïque ou quaternaire qui affleurent sur la carte géologique dans la mesure où ceux-ci ont une importance suffisante que pour avoir une influence sur la nappe sous-jacente. Plusieurs possibilités sont alors envisagées : nappe à l'affleurement, nappe sous couverture perméable, nappe sous couverture imperméable et nappe sous couverture semi-perméable. Dans le cas de la superposition de plusieurs nappes, c'est la couverture de la nappe principale qui est considérée et dans d'autres cas, c'est la couverture de la nappe supérieure qui est représentée.

Les données ponctuelles, encodées dans la BD HYDRO sont structurées dans différentes requêtes. Celles-ci sont créées sur base du numéro de la carte et sur d'autres critères selon le type d'information. Chaque requête sera ensuite chargée dans la couche appropriée de la donnée géographique numérisée et projetée sur la carte correspondante.

On retrouve dans cette catégorie, les points hydrogéologiques, les points nappes, les cotes piézométriques ponctuelles, les mesures (chimie, pompage, traçage et diagraphie), les volumes prélevés sur une année, les cotes isohypses ponctuelles, les stations (climatiques et limnimétriques) et les zones de prévention à définir.

Au total, 189 ouvrages ont été encodés dans la banque de données BD HYDRO. Ces ouvrages comprennent 18 puits de distribution, 2 puits sur galerie par gravité, 1 drains, 1 puits de prélèvement d'eau de surface, 108 puits de particuliers, 34 piézomètres et 13 sources et

12 sondes géothermiques. Ces données proviennent des communes, d'agriculteurs, de particuliers et de la banque de données du Service public de Wallonie (DixSous).

Les données piézométriques proviennent d'études hydrogéologiques de sociétés de distribution et de bureaux d'études ainsi que de campagnes piézométriques effectuées dans le cadre de la réalisation de cette carte, en 2007, sur des piézomètres (S.W.D.E., I.N.A.S.E.P., VIVAQUA) et sur des puits appartenant à des particuliers ou des agriculteurs.

Par un choix délibéré, la version papier de la carte hydrogéologique veut éviter toute superposition outrancière d'informations conduisant à réduire sa lisibilité. Dans ce but, outre la carte principale, trois cartes thématiques, une coupe hydrogéologique et un tableau lithostratigraphique sont réalisés pour chaque planchette.

La carte hydrogéologique est composée d'une notice explicative avec complément d'information et d'un poster au format A0 qui contient :

- une carte principale (CP) au 1/25 000, reprenant la topographie, le réseau hydrographique, les unités hydrogéologiques en terme d'aquifère, d'aquiclude ou d'aquitard, les zones de prévention, les ouvrages selon leur type (puits, piézomètre, source, galerie etc.), la piézométrie à une date donnée (isopièzes ou, à défaut, cotes ponctuelles de la nappe), les phénomènes karstiques, etc. ;
- une ou plusieurs coupes hydrogéologiques montrant la structure des unités hydrogéologiques et le niveau piézométrique à une date donnée ;
- un tableau de correspondance entre les formations géologiques et les unités hydrogéologiques ;
- deux cartes thématiques au 1/50 000 complétant l'information donnée par la carte principale :
 - une carte des volumes (CV) où est repris l'ensemble des ouvrages (puits, piézomètres, sources,..) différenciés selon les principaux aquifères sollicités, ainsi que les volumes pompés et déclarés dans les différentes nappes en distinguant les volumes prélevés pour la distribution publique d'eau potable et des autres volumes prélevés (par les industries, les agriculteurs, les particuliers, etc.) ;
 - une carte des informations complémentaires, du caractère de la nappe et/ou de la couverture (CC) sur laquelle figurent les ouvrages pour lesquels des données hydrochimiques sont disponibles, les sites où divers tests (essais de pompage, traçages, diagraphies, ...) ont été réalisés, les zones investiguées par prospection géophysique, ou reconnues comme vulnérables aux nitrates.

X. BIBLIOGRAPHIE

BACKAERT, D., 2013

Etude hydrogéologique et géophysique des vallées de Lesve et du Burnot et dimensionnement du système karstique de Lesve-Arbre, Mémoire de fin d'études en sciences non publié, Université de Namur, Namur.

BCG, 2006

Bureau Conseil en Géologie SPRL, dossier 06398. C.I.B.E. Captage de Crupet. Détermination des zones de prévention. Campagne de pompage d'essai. www.bcgeol.be.

BELANGER, I., DELABY, S., DELCAMBRE, B., GHYSEL, P., HENNEBERT, M., LALOUX, M., MARION, J.-M., MOTTEQUIN, B., PINGOT, J.-L., 2012

Rédéfinition 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.

BOULVAIN, F. ET PINGOT, J.-L., 2011

Genèse du sous-sol de la Wallonie, Académie royale de Belgique, Mémoire de la Classe des Sciences, Tome XXXIV, n°2082, 190 p.

BOULVAIN, F. ET PINGOT, J.-L., 2012

Introduction à la géologie de la Wallonie, 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), délivrable D.5.11 – partie RWM022 et RWM023. *Convention RW et SPGE-Aquapole*.

CALYPSO, 2013

Banque de données géochimiques de la S.P.W.. Consultation des données en 2013.

CASTANY G., MARGAT J., 1977

Dictionnaire français d'hydrogéologie, éditions du BRGM.

CASTANY, G., 1998

Hydrogéologie, principes et méthodes, Dunod, 236 p.

CELLULE ETAT DE L'ENVIRONNEMENT WALLON (2006-2007) :

Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007. MRW – DGARNE, 736 p.

COTTON, A., 2014

Etude hydrogéologique du système karstique du Trou d'Haquin. Travail de fin de baccalauréat non publié, Université de Namur, Belgique.

DASSARGUES, A., 2010

Hydrogéologie, Notes de cours, Université de Liège, non publié.

DE BROYER C., THYS G., FAIRON J. ET MICHEL G., 2002

Atlas du Karst wallon, Inventaire cartographique des sites karstiques et des rivières souterraines de Wallonie. DGRNE (Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement) – CWPSS (Commission Wallonne d'Etude et de Protection des Sites Souterrains asbl.

DEJONGHE, L., 2007

Guide de lecture des cartes géologiques de Wallonie au 1/25 000, 3^{ème} édition, Ministère de la Région Wallonne, 51 p.

DELCAMBRE, B., PINGOT, J.-L., À PARAÎTRE

Notice explicative de la carte 47/5-6 Tamines - Fosses-la-Ville éditée par le Ministère de la Région Wallonne.

DE MARSILY, G., 2004

Cours d'hydrogéologie. Paris, Université Pierre et Marie Curie. 226 p.

ECOFOX, 1994

"Prise d'eau de Profondeville-Lustin-Ladrière – Essai de traçage dans le cadre de l'étude des zones de prévention" (réf. S.W.D.E.-94-1).

ECOFOX, 1996

"Pompage d'essai réalisé sur le puits de Mts Benelux S.A. à Malonne", (réf. MTS 961).

ECOFOX, 1999

"Prise d'eau de Jambes – Essai de traçage et modélisation dans le cadre de l'étude des zones de prévention" (Ref. S.W.D.E.-953).

FETTER, C.W., 2001

Applied hydrogeology, Fourth Edition, Prentice Hall, 598 p.

GOGU, R.C., 2000

Advances in groundwater protection strategy using vulnerability mapping and hydrogeological GIS databases, Thèse de doctorat, LGIH, Fac. Sciences Appliquées, Université de Liège, inédit.

GOGU, R.C. ; CARABIN, G. ; HALLET, V. ; PETERS, V. ET DASSARGUES, A., 2001

GIS-based hydrogeological database and groundwater modelling, Hydrogeology Journal, 9, 555-569

HANCE, L., POTY, E., DEVUYST, F.-X., 2006

Ivorian. Geologica Belgica, 9/1-2, p. 117-122.

POEHLS, D.J. & SMITH, G.J., 2009

Encyclopedic Dictionary of Hydrogeology, Elsevier Academic press, 517 p.

POTY, E., HANCE, L., 2006

Livian. Geologica Belgica, 9/1-2, p. 133-138.

QUINIF, 1999

Karst et évolution des rivières : le cas de l'Ardenne. *Geodinamica Acta*, 12, 3-4, p. 267-277.

QUINIF, Y. ET VANDYCKE, S., 2001

Les phénomènes karstiques de la région Han-sur-Lesse-Rochefort (Belgique), *Bull.Inf.Bass. Paris*, 38, fasc.1, pp.6-19.

REKK, S. ET HALLET, V., 2007

Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchette Malonne – Naninne n°47/7-8. Edition : Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique.

SPW - ZP CRUPET, 2007

Délimitation des zones de prévention du captage de Crupet. Rapport d'étude. Novembre 2007.

S.P.W. - D.G.O. 3, 2012

Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie. Ed. : Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique. Dépôt légal D/2012/11802/106 - ISBN : 978-2-8056-0111-8.

S.P.W. - D.G.O. 3, 2013

Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie. Ed. : Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique. Dépôt légal D/2013/11802/38.

SPW-D.G.O. 3, 2014

Etat des nappes d'eau souterraine de Wallonie. Ed. : Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique. Dépôt légal D/2014/11802/11 - ISBN 978-2-8056-0142-2.

STAINIER, X., MALAISE, M., 1901

Carte géologique n° 155, Malonne - Naninne au 1/40 000.

TIMMERMANS, 2012

Timmermans, L., *Etude hydrogéologique de la vallée du Burnot*. Travail de fin de baccalauréat en sciences non publié, Université de Namur, Namur.

THORNTHWAITHE C.W., MATHER J.R., 1995

The water balance, Publication 8, 1-86, Centeron N.J., Laboratory of Climatology.

VAN DEN BROECK, E. ; MARTEL, E.-A. ET RAHIR, E., 1910

Les cavernes et les rivières souterraines de la Belgique, Tome 1 : Les calcaires dévoniens du Bassin de Dinant, Bruxelles, pp. 125-133

WOJDA, P. ; DACHY, M. ; POPESCU, C. ; RUTHY, I. ; GARDIN, N. ; BROUYÈRE, S. ET DASSARGUES, A., 2005

Appui à la conception de la structure, à l'interfaçage et à l'enrichissement de la base de données hydrogéologiques de la Région wallonne, Convention subsidiée par Service public de Wallonie, DGARNE – Université de Liège.

XI. ANNEXE 1: LISTE DES ABRÉVIATIONS

CWEPSS : Commission Wallonne d'Etude et de Protection des Sites Souterrains
<http://www.cwepss.org>

DCENN : Direction des Cours d'Eau Non Navigables

DESO : Direction des Eaux Souterraines.
Avenue Prince de Liège, 15 à 5100 Namur (Jambes)

DGARNE : Service public de Wallonie. Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement. DGO3
Avenue Prince de Liège, 15 à 5100 JAMBES
<http://environnement.wallonie.be/>

I.N.A.S.E.P. : Intercommunale Namuroise de Services Publics
<http://www.inasep.be>

IRM : Institut Royal Météorologique, Section Climatologie.
Avenue Circulaire, 3 à 1180 BRUXELLES
<http://www.meteo.oma.be/IRM-KMI/>

SETHY : Service d'études hydrologiques devenu, après la restructuration en 2008, la Direction générale opérationnelle de la Mobilité et des Voies hydrauliques
<http://voies-hydrauliques.wallonie.be/opencms/opencms/fr/hydro/>

SGB : Service Géologique de Belgique.
Département VII de l'Institut royal des Sciences Naturelles de Belgique
Rue Jenner, 13 à 1000 BRUXELLES
<http://www.sciencesnaturelles.be/geology>

SPW : Service public de Wallonie. Direction générale.
Place de la Wallonie, 1. B-5100 Namur (Jambes).

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

S.W.D.E. : Société Wallonne des Eaux
<http://www.swde.be>

TAC : Titre Alcalimétrique Complet. Le TAC est lié à la concentration en carbonates et en hydrogénocarbonates.

VIVAQUA : Ancienne Compagnie intercommunale des Eaux de l'agglomération bruxelloise (CIBE). <http://www.vivaqua.be/>

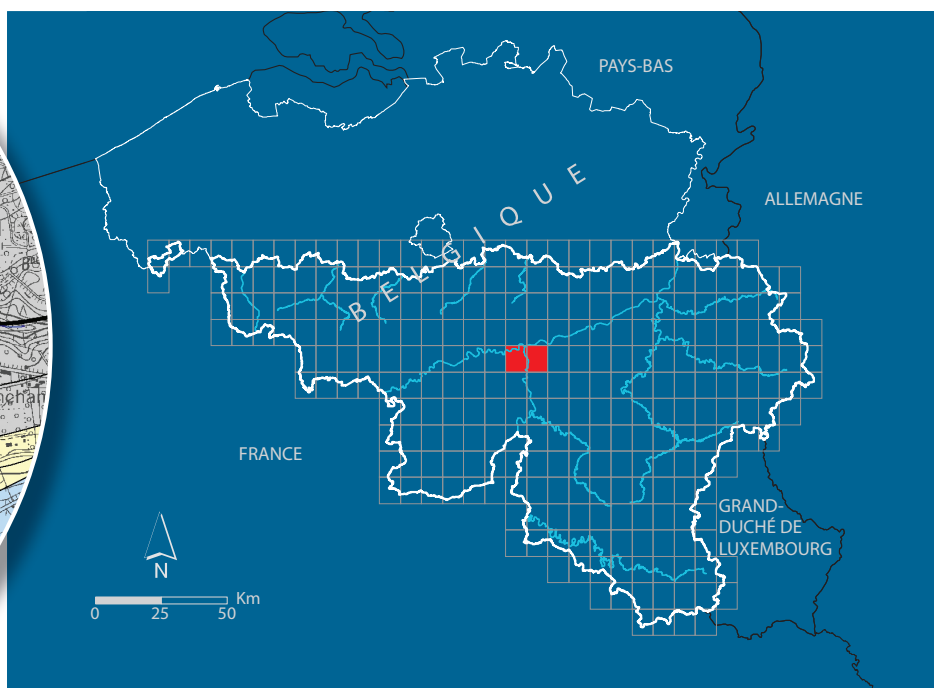
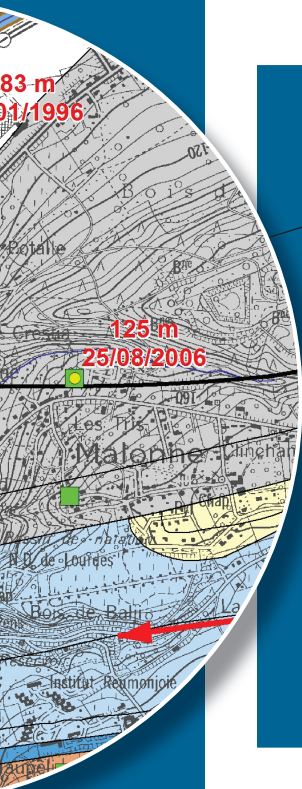
XII. ANNEXE 2 : TABLE DES OUVRAGES CITÉS DANS LA NOTICE

NUMERO	IDRW	CODERW	NOM	TITULAIRE	EXPLOITANT	TYPE	X (m)	Y (m)	PROF (m)
DIXSOU00_21068	1052	4771001	INSTITUT SAINT BERTHUIJN	COMMUNAUTÉ SCOLAIRE SAINT-BERTHUIJN ASBL	DUPAGNE YANNICK	Source	180363	125220	0
DIXSOU00_22586	1356	4779002	CAPTAGE DE TAILFER-P7	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits des sociétés de distribution	185830	119260	0
DIXSOU00_22895	1445	4784002	GB PF 1	Accor Hotels Belgium sa	DELOOSE RUDY	Autre puits	186530	122525	20
DIXSOU00_23650	1665	4779006	CAPTAGE DE TAILFER-P2	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits des sociétés de distribution	185875	119200	0
DIXSOU00_23940	1771	4777002	RUE DE BURNOT-GALERIE	INASEP	INASEP	Puits des sociétés de distribution	178230	120190	0
DIXSOU00_24446	19589	4763030	PUITS MOTTE	MOTTE MARIA	MOTTE MARIA	Autre puits	179471	122896	8
DIXSOU00_24870	2152	4771005	USINE 1	ETS.J.REMACLE S.A.	B.HERMANT	Autre puits	178730	126460	18
DIXSOU00_24874	2156	4773020	PUITS 1 - CITE LASCAUX	SC LE FOYER JAMBOIS & EXTENSIONS	SC LE FOYER JAMBOIS & EXTENSIONS	Autre puits	185640	126435	0
DIXSOU00_25567	2742	4773002	NAMUR-JAMBES P5	SWDE	S.W.D.E.- SOCIÉTÉ WALLONNE DES EAUX	Puits des sociétés de distribution	185241	126634	11
DIXSOU00_25593	2757	4787001	LADRERIE	SWDE	S.W.D.E.- SOCIÉTÉ WALLONNE DES EAUX	Source	187350	119346	0
DIXSOU00_25879	292	4773010	NAMUR-JAMBES P3	SWDE	S.W.D.E.- SOCIÉTÉ WALLONNE DES EAUX	Puits des sociétés de distribution	185211	126532	10
DIXSOU00_25927	29531	4773025	NAMUR-JAMBES P9	SWDE	S.W.D.E.- SOCIÉTÉ WALLONNE DES EAUX	Puits des sociétés de distribution	185241	126634	10
DIXSOU00_26061	304	4773023	NAMUR-JAMBES P8	SWDE	MONSIEUR BIRON	Puits des sociétés de distribution	185308	126532	17
DIXSOU00_26064	3051	4773006	NAMUR-JAMBES P2	SWDE	M. J. ROUHART	Puits des sociétés de distribution	185150	126545	10

NUMERO	IDRW	CODERW	NOM	TITULAIRE	EXPLOITANT	TYPE	X (m)	Y (m)	PROF (m)
DIXSOU00_26069	3066	4773019	NAMUR-JAMBES P4	SWDE	M. J. ROUHART	Puits des sociétés de distribution	185310	126507	10
DIXSOU00_26138	3218	4785001	LES FLAWNEES	SWDE	M. J. ROUHART	Puits des sociétés de distribution	189360	122167	0
DIXSOU00_26257	3521	4785005	LES ROCHETTES G1	SWDE	M. J. ROUHART	Puits sur galerie par gravité	189023	122910	3
DIXSOU00_26284	3596	4784003	GB PF 2	CARREFOUR BELGIUM - SERVICE ENVIRONNEMEN	DELOOSE RUDY	Autre puits	186545	122425	12
DIXSOU00_26370	0	0	TAILFER (PRISE EN MEUSE)	VIVAQUA	VIVAQUA	Prélèvement d'eau de surface	185656	119226	0
DIXSOU00_26404	3916	4777003	BELLE FONTAINE G1	SWDE	M. J. ROUHART	Drain	178860	120325	4
DIXSOU00_26435	3995	4776001	LA PAIRELLE	INSTITUT SAINT-ROBERT	M. VERWAERDE	Autre puits	184790	124785	104
DIXSOU00_26561	4329	4773021	BLANCHISSERIE IMPERATOR	SPRL IMPERATOR	TRAVIESO C.	Autre puits	185560	127420	3
DIXSOU00_26677	4636	4773012	NAMUR-JAMBES P7	SWDE	M. J. ROUHART	Puits des sociétés de distribution	185273	126533	16
DIXSOU00_26783	4948	4787002	CAPTAGE DE TAILFER-P5	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits des sociétés de distribution	186080	119260	0
DIXSOU00_27221	6079	4777004	MARLAGNE	SERVICE COMMUNAL	Lebeau	Autre puits	180430	119640	0
DIXSOU00_27249	6156	4776002	RIVAGE	INSTITUT ST.MARTIN	POL FROGNEUX	Autre puits	185930	124180	14
DIXSOU00_27328	6363	4781002	PISCINE D'ENHAIVE	VILLE DE NAMUR - D.I.B.	ADMINISTRATION COMMUNALE DE NAMUR	Autre puits	186184	127725	35
DIXSOU00_27373	6486	4773022	PUITS BERLEMONT	BERLEMONT JEAN-LOUIS	BERLEMONT JEAN-LOUIS	Autre puits	184240	124861	85
DIXSOU00_27473	675	4788001	BELLE-FONTAINE	SWDE	MONSIEUR BIRON	Source	189030	119406	0
DIXSOU00_27694	7373	4773008	NAMUR-JAMBES P6	SWDE	M. J. ROUHART	Puits des sociétés de distribution	185333	126532	11
DIXSOU00_27752	7531	4771004	ZONING INDUSTRIEL MTS BENELUX	MTS BENELUX S.A./N.V.	WALGRAFFE JACQUES	Autre puits	180360	126550	8
DIXSOU00_27763	7552	4785003	PACHIAL FONTAINE G1	SWDE	M. J. ROUHART	Puits sur galerie par gravité	189031	122918	0
DIXSOU00_27797	7626	4784001	SOURCE JACQUET E 1	SWDE	M. J. ROUHART	Source	188420	123025	0

NUMERO	IDRW	CODERW	NOM	TITULAIRE	EXPLOITANT	TYPE	X (m)	Y (m)	PROF (m)
DIXSOU00_27874	7833	4779005	CAPTAGE DE TAILFER-P3	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits des sociétés de distribution	185965	119220	0
DIXSOU00_27915	7932	4777001	LESVE P 2	SWDE	M. J. ROUHART	Puits des sociétés de distribution	179330	119680	6
DIXSOU00_28022	8221	4777005	LESVE P1	SWDE	M. J. ROUHART	Puits des sociétés de distribution	179345	119760	7
FUNDPN00_2990	17764	4779012	PUITS DOOREMONT	DOOREMONT PIERRE	DOOREMONT PIERRE	Autre puits	179980	118430	3
FUNDPN00_2993	17894	4779015	PUITS NAMECHE	NAMECHE ANNIE	NAMECHE ANNIE	Autre puits	179058	118695	8
FUNDPN00_3000	18218	4779022	PUITS RICHIR	RICHIR MARCEL	RICHIR MARCEL	Autre puits	181826	119582	13
FUNDPN00_3003	18395	4779025	PUITS DHOINE	D'HOINE MICHEL	D'HOINE MICHEL	Autre puits	187668	118789	6
FUNDPN00_3005	18566	4779027	PUITS MOURMAUX	MOURMAUX ALBERTE	BACQ EMILE-LEON	Autre puits	183142	118892	20
FUNDPN00_3013	18727	4779035	PUITS CHANTRY	CHANTRY ROBERT	CHANTRY ROBERT	Autre puits	182760	118809	0
FUNDPN00_3015	1882	4779037	PUITS CANIVEZ	CANIVEZ THIERRY	CANIVEZ THIERRY	Autre puits	180562	120069	11
FUNDPN00_3016	18967	4779038	PUITS BRIOT	BRIOT BERNARD	BRIOT BERNARD	Autre puits	188593	118650	24
FUNDPN00_3018	19355	4779041	PUITS DAWAGNE	DAWAGNE JOSEPH	DAWAGNE JOSEPH	Autre puits	178802	118733	12
FUNDPN00_3021	19513	4779044	PUITS CORNET	CORNET JEAN	CORNET JEAN	Autre puits	183205	119134	8
FUNDPN00_3022	19517	4779045	PUITS SIMON STEVENNE	SIMON STEVENNE JEAN LUC	SIMON STEVENNE JEAN LUC	Autre puits	180592	119201	9
FUNDPN00_3023	19528	4779046	PUITS BURTON	BURTON WITTOUCK JEAN MARC	BURTON WITTOUCK JEAN MARC	Autre puits	179923	119932	7
FUNDPN01_31513	0	0	PZ8 Jambes	SWDE	SWDE	Piézomètre	185347	126538	14
FUNDPN01_31514	0	0	PZ9 Jambes	SWDE	SWDE	Piézomètre	185260	126628	0
FUNDPN01_31516	0	0	PZ10 Jambes	SWDE	SWDE	Piézomètre	185184	126509	14
FUNDPN01_31517	0	0	PZ11 Jambes	SWDE	SWDE	Piézomètre	185418	126333	14
FUNDPN01_31518	0	0	PZ12 Jambes	SWDE	SWDE	Piézomètre	185240	126450	14
FUNDPN01_31520	0	0	PZ14 Jambes	SWDE	SWDE	Piézomètre	185351	126191	14
FUNDPN01_31521	0	0	PZ15 Jambes	SWDE	SWDE	Piézomètre	185254	126200	14
FUNDPN01_31526	0	0	NAMUR-JAMBES P1	SWDE	SWDE	Autre puits	185130	126523	0
ULGGE000_18172	0	4785012	SART BERNARD	DEGIVES ANDRE	Inconnu	Autre puits	190988	121688	5
ULGGE000_18185	0	4788002	SART BERNARD	DESCLEE DE MAREDSOUS	Inconnu	Autre puits	190243	120666	19
ULGGE000_18186	0	4788003	Puits DESCLEE	DESCLEE ERIC	DESCLEE ERIC	Autre puits	189965	120536	14

NUMERO	IDRW	CODERW	NOM	TITULAIRE	EXPLOITANT	TYPE	X (m)	Y (m)	PROF (m)
ULGGE00_18200	0	4789007	SART BERNARD	MARCHAL ERIC	Inconnu	Autre puits	193899	120140	0
FUNDPN02_31909	0	0	PR1 Lustin	SWDE	SWDE	Piézomètre	187254	119245	31
FUNDPN02_31915	0	0	PR2 Lustin	SWDE	SWDE	Piézomètre	189488	119266	51
ULGGE00_18178	18475	4786007	SART BERNARD	LIEVENS MAURICE	Inconnu	Autre puits	191551	121835	45
DIXSOJ00_173129	38951	4774003	REUMONJOIE 1	INCONNNU	INCONNNU	Autre puits	180674	124521	206



SPW | *Éditions, CARTES*

Dépôt légal : D/2015/12.796/11 – ISBN : 978-2-8056- 0187-3

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

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