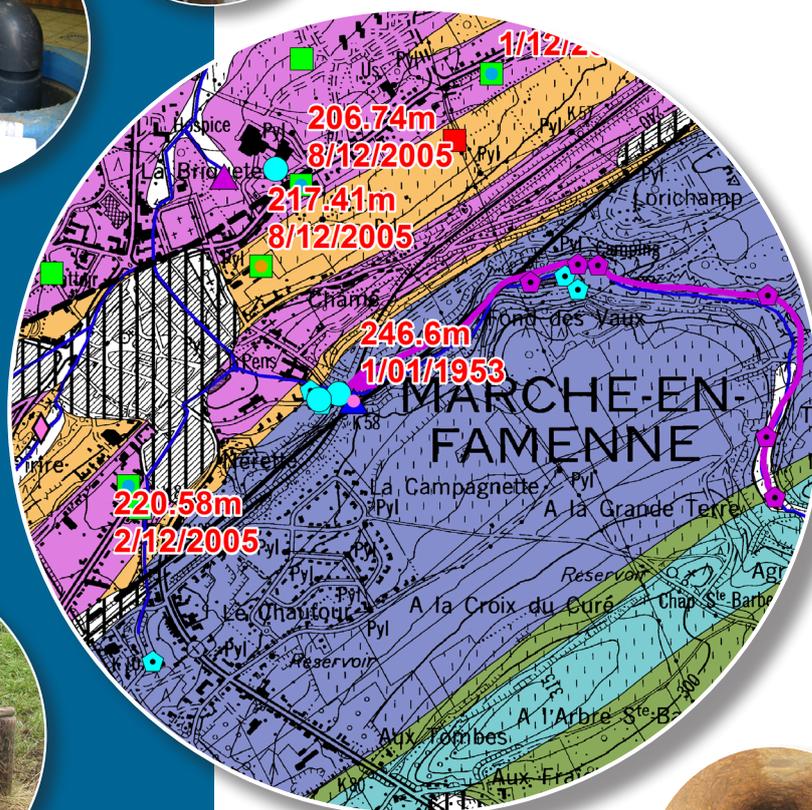


Notice explicative

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 Aye – Marche-en-Famenne



AYE – MARCHE-EN-FAMENNE

54/7-8

Ingrid **RUTHY**, Ludovic **CAPETTE**, Vincent **HALLET**, Alain **DASSARGUES**

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



NOTICE EXPLICATIVE

2018

Première version : Juillet 2006
Actualisation partielle : Septembre 2018

Dépôt légal - D/2018/12.796/9 - ISBN : 978-2-8056-0260-3

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

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

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

AVANT PROPOS	3
I. INTRODUCTION.....	5
II. CADRES GEOGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE	6
III. CADRE GEOLOGIQUE.....	11
III.1. CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL	11
III.2. CADRE GEOLOGIQUE DE LA CARTE	12
III.2.1. Cadre lithostratigraphique	12
III.2.1.1. Paléozoïque.....	15
III.2.1.1.1. Dévonien inférieur	15
III.2.1.1.1.1. Emsien.....	15
III.2.1.1.2. Dévonien moyen.....	16
III.2.1.1.2.1. Eifelien.....	17
III.2.1.1.2.2. Givetien	17
III.2.1.1.3. Dévonien supérieur.....	18
III.2.1.1.3.1. Frasnien.....	19
III.2.1.1.3.2. Famennien.....	21
III.2.1.2. Cénozoïque	22
III.2.2. Cadre structural	23
III.2.2.1. Unités structurales.....	23
III.2.2.2. Failles.....	24
IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE	26
IV.1. DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES.....	28
IV.1.1. Unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur.....	31
IV.1.1.1. Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	31
IV.1.1.2. Aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur	31
IV.1.2. Unités hydrogéologiques du Dévonien moyen	31
IV.1.2.1. Aquitard de l'Eifelien	31
IV.1.2.2. Aquifère de l'Eifelien	31
IV.1.2.3. Aquifère des calcaires du Givetien	32
IV.1.2.4. Aquiclude – Aquitard du Givetien.....	32
IV.1.3. Unités hydrogéologiques du Dévonien supérieur	32
IV.1.3.1. Aquiclude du Frasnien	32
IV.1.3.2. Aquitard du Frasnien	32
IV.1.3.3. Aquifère des calcaires du Frasnien	33
IV.1.3.4. Aquiclude du Famennien	33
IV.1.3.5. Aquitard du Famennien	33
IV.1.3.6. Aquifère des grès du Famennien.....	33
IV.1.4. Unités hydrogéologiques du Quaternaire.....	34
IV.1.4.1. Aquifère des terrasses fluviatiles.....	34
IV.1.4.2. Aquitard limoneux (non cartographié)	34
IV.1.4.3. Aquifère alluvial	34
IV.1.4.4. Nappe des remblais.....	34
IV.2. PHENOMENES KARSTIQUES	35
IV.2.1. Avant-propos	35
IV.2.2. Phénomènes karstiques du plateau du Gerny	37
IV.2.3. Phénomènes karstiques du « Fond des Vaulx » à Marche-en-Famenne.....	37
IV.2.4. Phénomènes karstiques aux environs de Marenne.....	38
IV.2.5. Phénomènes karstiques de l'anticlinal de Sinsin.....	39
IV.3. DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE DE LA CARTE	40
IV.3.1. Unité anticlinale Durbuy-Philippeville	42
IV.3.2. Transition Condroz-Famenne.....	42
IV.3.3. Dépression de la Famenne.....	42
IV.3.4. Calestienne et plateau du Gerny.....	45
IV.3.4.1. Calestienne	45
IV.3.4.2. Plateau du Gerny.....	47
IV.3.5. Crête développée sur la Formation de Lomme	48
IV.3.6. Contrefort de l'Ardenne	49
IV.4. COUPES HYDROGEOLOGIQUES	52
IV.5. CARACTERE LIBRE, SEMI-CAPTIF, CAPTIF DES NAPPES	54
IV.6. CARRIERES.....	55
IV.7. PIEZOMETRIE DE LA CARTE AYE - MARCHE-EN-FAMENNE	56
V. CADRE HYDROCHIMIQUE.....	57

V.1. CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX.....	57
V.1.1. Dépression de la Famenne	58
V.1.2. Calestienne et plateau du Gerny.....	59
V.1.3. Contrefort de l'Ardenne	60
V.1.4. Commentaires	61
V.2. PROBLEMATIQUE DES NITRATES	63
V.3. QUALITE BACTERIOLOGIQUE	65
V.4. PESTICIDES	66
V.5. ELEMENTS TRACES METALLIQUES (ETM)	67
V.6. ETAT DES MASSES D'EAU	68
VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES	71
VI.1. VOLUMES PRELEVES POUR LA DISTRIBUTION PUBLIQUE	72
VI.2. AUTRES VOLUMES CAPTES	73
VII. ETUDES GEOPHYSIQUES	75
VIII. PARAMETRES HYDROGEOLOGIQUES	76
VIII.1. PARAMETRES D'ECOULEMENT	78
VIII.1.1. Dépression de la Famenne	78
VIII.1.1.1. Camp militaire « Roi Albert » à Marche-en-Famenne.....	78
VIII.1.2. Calestienne et plateau du Gerny.....	79
VIII.1.2.1. Région de Marenne	79
VIII.1.2.2. Région de Tavy.....	80
VIII.1.2.3. Forage FUNDP 8 Gerny	81
VIII.1.3. Contrefort de l'Ardenne	82
VIII.1.3.1. Captage de Monseu.....	82
VIII.2. PARAMETRES DE TRANSPORT	82
VIII.2.1. Plateau du Gerny	83
IX. ZONES DE PROTECTION	85
IX.1. CADRE LEGAL	85
IX.1.1. Zone de prise d'eau ou zone I	85
IX.1.2. Zones de prévention rapprochée et éloignée ou zones IIa et IIb.....	85
IX.1.3. Zone de surveillance ou zone III	86
IX.1.4. Mesures de protection	86
IX.2. ZONES DE PREVENTION DE LA CARTE.....	87
IX.2.1. Zones de prévention arrêtées.....	87
IX.2.2. Zones de prévention à définir	88
X. METHODOLOGIE D'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE	89
X.1. SOURCES DE DONNEES.....	89
X.1.1. Données géologiques et connexes.....	89
X.1.2. Données météorologiques et hydrologiques	89
X.1.3. Données hydrogéologiques	89
X.1.3.1. Localisation des ouvrages et sources.....	89
X.1.3.2. Données piézométriques	90
X.1.3.3. Données hydrochimiques	90
X.2. BASE DE DONNEES HYDROGEOLOGIQUES	90
X.3. CONSTRUCTION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE	91
X.4. PRESENTATION DU POSTER A0	91
X.4.1. Carte hydrogéologique principale.....	91
X.4.2. Carte des informations complémentaires et des caractères des nappes.....	92
X.4.3. Carte des volumes prélevés	92
X.4.4. Tableau de correspondance 'Géologie – Hydrogéologie'	93
X.4.5. Coupes hydrogéologiques	93
XI. BIBLIOGRAPHIE.....	94
XII. ANNEXES	98
XII.1. LISTE DES ABREVIATIONS	98
XII.2. TABLE DES ILLUSTRATIONS	99
XII.2.1. Figures.....	99
XII.2.2. Tableaux	101
XII.3. COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE	102

AVANT PROPOS

La réalisation de la carte hydrogéologique Aye – Marche-en-Famenne 54/7-8 s'inscrit dans le cadre du programme de cartographie des ressources en eau souterraine de Wallonie, commandé et financé par le Service Public de Wallonie (SPW), Direction Générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement (DGARNE-DGO3). Cette carte hydrogéologique a été réalisée par l'unité 'Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement' du secteur GEO³ du département ArGEnCo de l'Université de Liège. Le projet a été supervisé par le professeur Alain Dassargues et la carte réalisée par Ingrid Ruthy. La première version de cette carte date de juillet 2006¹. L'actualisation de cette carte a été effectuée en 2016 par Ludovic Capette du Département de Géologie de l'Université de Namur. Elle prend en compte les données disponibles dans la base de données "BD-Hydro" (outil de travail commun aux équipes universitaires et à l'administration wallonne (DGARNE)). Ainsi les données concernées sont les zones de prévention, les volumes prélevés, les nouveaux ouvrages déclarés, des données piézométriques nouvelles encodées dans la base de données. Une collecte exhaustive de données complémentaires n'a pas été menée.

Collaborent au projet 'Carte hydrogéologique de Wallonie' l'Université de Mons (UMons), l'Université de Namur (UNamur) et l'Université de Liège (ULg) dont le site ULg-Arlon.

Les auteurs de la carte hydrogéologique remercient tous les bureaux d'études actifs dans le domaine de l'environnement qui ont fourni de nombreuses données. Nous remercions également l'AIEC, l'Administration communale de Rochefort et la SWDE. Nous remercions aussi tous les particuliers et industries qui nous ont permis de visiter leur prise d'eau et d'y faire quelques mesures, lors de la première édition de la carte hydrogéologique.

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

Le poster et la notice fournis ne prétendent pas à une précision absolue en raison de la non-exhaustivité des données, de l'évolution de celles-ci et des interprétations nécessaires à leur établissement. Ils n'ont pour but que d'aider les hydrogéologues à prévoir le contexte général qu'ils peuvent rencontrer et l'ampleur des études nécessaires. La carte et

1 Ruthy I. & Dassargues A. (2006). Carte hydrogéologique de Wallonie, Aye – Marche-en-Famenne, 54/7-8. 1:25000. Namur, Service Public de Wallonie, Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement, 1 notice explicative de 49 p. + annexes

la notice constituent un instrument de synthèse et d'orientation et ne dispensent en aucune façon de recherches complémentaires en fonction de sites particuliers et de projets définis.

La carte hydrogéologique est basée sur un maximum de données géologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques disponibles auprès de divers organismes. Elle a pour objectif d'informer de l'extension, de la géométrie et des caractéristiques hydrogéologiques, hydrodynamiques et hydrochimiques des aquifères, toutes personnes, sociétés ou institutions concernées par la gestion tant quantitative que qualitative des ressources en eaux.

Par un choix délibéré, toute superposition outrancière d'informations conduisant à réduire la lisibilité de la carte a été évitée. Dans ce but, outre la carte principale, deux cartes thématiques et deux coupes, géologiques et hydrogéologique, ainsi qu'un tableau litho-stratigraphique sont présentés.

Les données utilisées pour la réalisation de la carte ont été encodées dans une base de données (GDB-ArcGIS-Esri) qui a été remise à la Direction des Eaux Souterraines (SPW, DGO3, DGARNE).

Depuis mai 2006, la carte hydrogéologique de Wallonie est consultable en ligne via le portail cartographique du Service Public de Wallonie².

² http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartehydrogeo/cartes_notices.htm

I. INTRODUCTION

A une cinquantaine de kilomètres au SSW de Liège, la carte Aye – Marche-en-Famenne est située sur les Provinces de Namur et de Luxembourg (Figure I.1). Cette carte est traversée par trois grandes régions géographiques: la Famenne, la Calestienne et les contreforts de l'Ardenne.

Bien que les roches rencontrées soient principalement de nature schisto-gréseuse et schisteuse (aquitards et aquicludes), cette région possède néanmoins des ressources en eaux souterraines intéressantes au niveau local. La bande calcaire de la Calestienne constitue une potentialité aquifère notable. De nombreux phénomènes karstiques y sont observés.

Les ouvrages de prise d'eau recensés appartiennent essentiellement à des particuliers (usage domestique, agricole, industries). On compte aussi quelques captages destinés à la distribution publique d'eau potable.

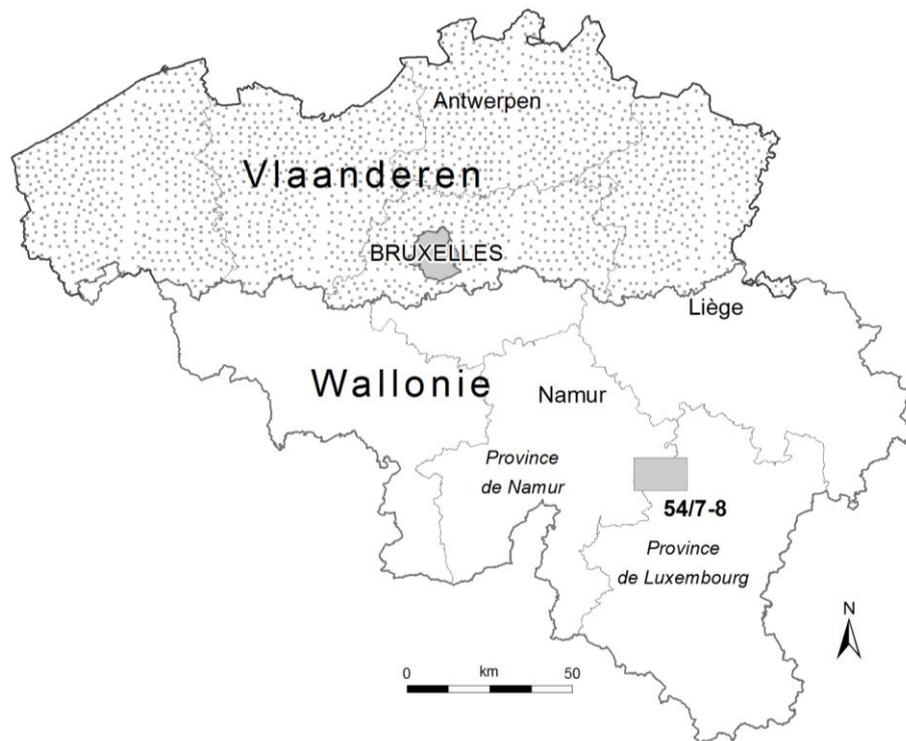


Figure I.1 : Localisation de la carte Aye – Marche-en-Famenne (planche IGN 54/7-8)

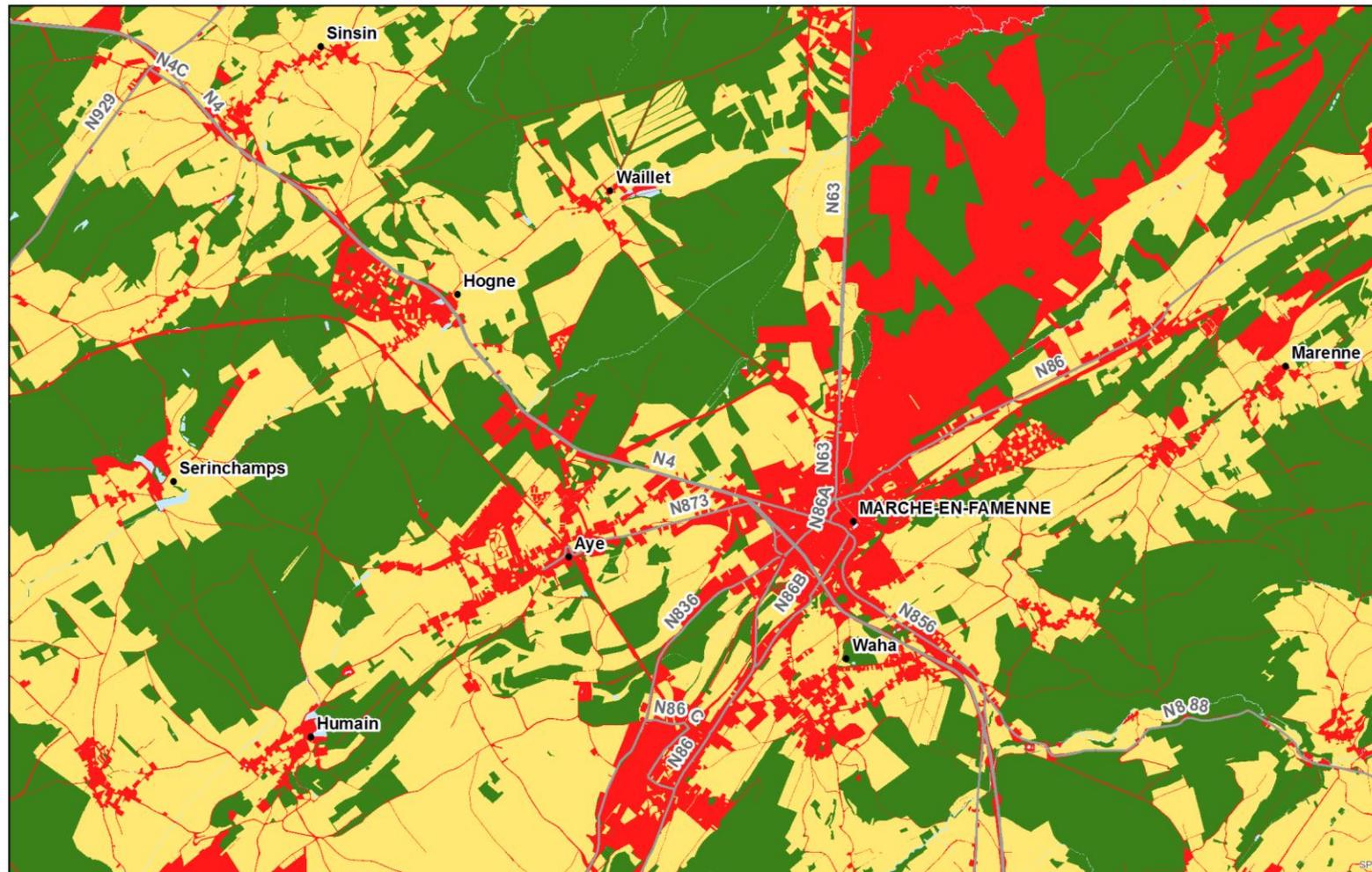
La carte hydrogéologique présentée ci-après est construite sur base de la carte géologique dressée par L. Barchy et J.-M. Marion (2014).

II. CADRES GEOGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE

D'une superficie de 160 km², la carte Aye – Marche-en-Famenne 54/7-8 couvre les communes de Somme-Leuze, Ciney et Rochefort (Province de Namur), et de Marche-en-Famenne, Hotton et la partie septentrionale de Nassogne (Province de Luxembourg). Il s'agit d'une région essentiellement agricole. Sur le territoire plus urbanisé de Marche-en-Famenne, coexistent six parcs d'activités économiques accueillant divers types d'entreprises. Le reste du territoire est occupé par des zones forestières ou semi-naturelles (Figure II.1). La région est desservie par plusieurs grands axes de communication. Le réseau routier principal comprend la Nationale 4 reliant Namur à Luxembourg, la Nationale 63 allant de Liège à Marche ou encore la Nationale 86 passant par Hotton, Marche et Rochefort (Figure II.1). Quant au réseau ferroviaire, deux lignes importantes se rejoignent en gare de Marloie : Liège – Jemelle et Bruxelles – Namur – Luxembourg.

Liées au contexte géologique, plusieurs régions géomorphologiques se distinguent (Figure II.2 et Figure II.3) :

- la zone nord-ouest de la carte, liée à la **bande Durbuy-Philippeville** et à la transition Condroz-Famenne, est assez vallonnée et couverte de forêts, pâtures et champs ;
- suivie au sud par la **dépression de la Famenne** qui présente un relief globalement plane structuré par une alternance de bandes boisées et de prairies que ponctuent les villages (Droeven et al., 2004). Cette région occupe une grande partie de la carte Aye – Marche-en-Famenne et présente les altitudes les plus basses (environ 170 m dans la vallée de la Marchette) ;
- au sud de la dépression de la Famenne, apparaissent les replats et collines de la **Calestienne**, formant des paysages variés. Cette bande essentiellement calcaire a une altitude comprise entre 250 et 300 m. L'habitat y est strictement groupé en villages qui s'allongent parfois selon l'axe des tiennes ;
- encore plus au sud, le relief se redresse encore (altitude ~ 400 m), on est sur les **contreforts de l'Ardenne**, qui offrent des paysages d'entailles profondes et de replats quasi exclusivement forestiers.



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

Figure II.1 : Occupation du sol et réseau routier principal de la carte Aye – Marche-en-Famenne

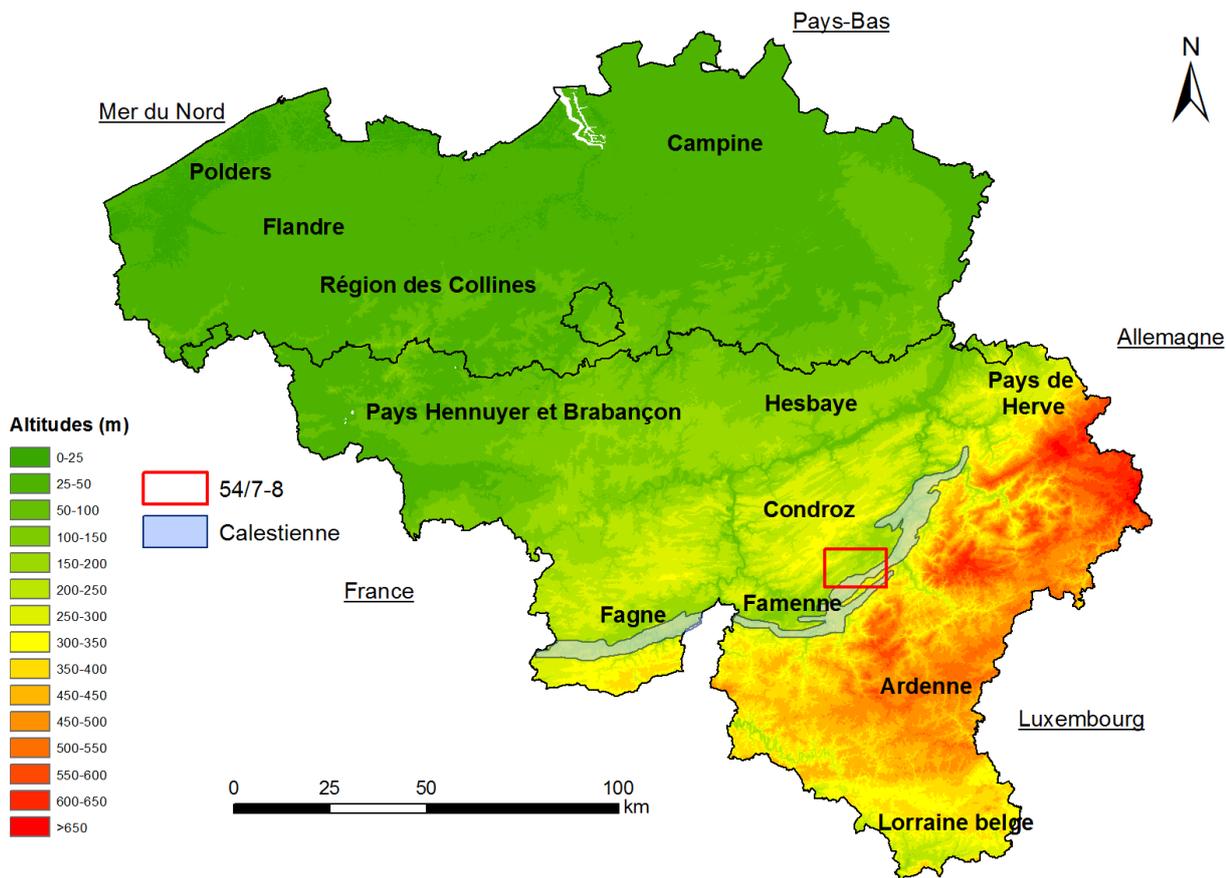


Figure II.2 : Contexte géomorphologique général de la Belgique et situation de la carte 54/7-8 Aye – Marche-en-Famenne

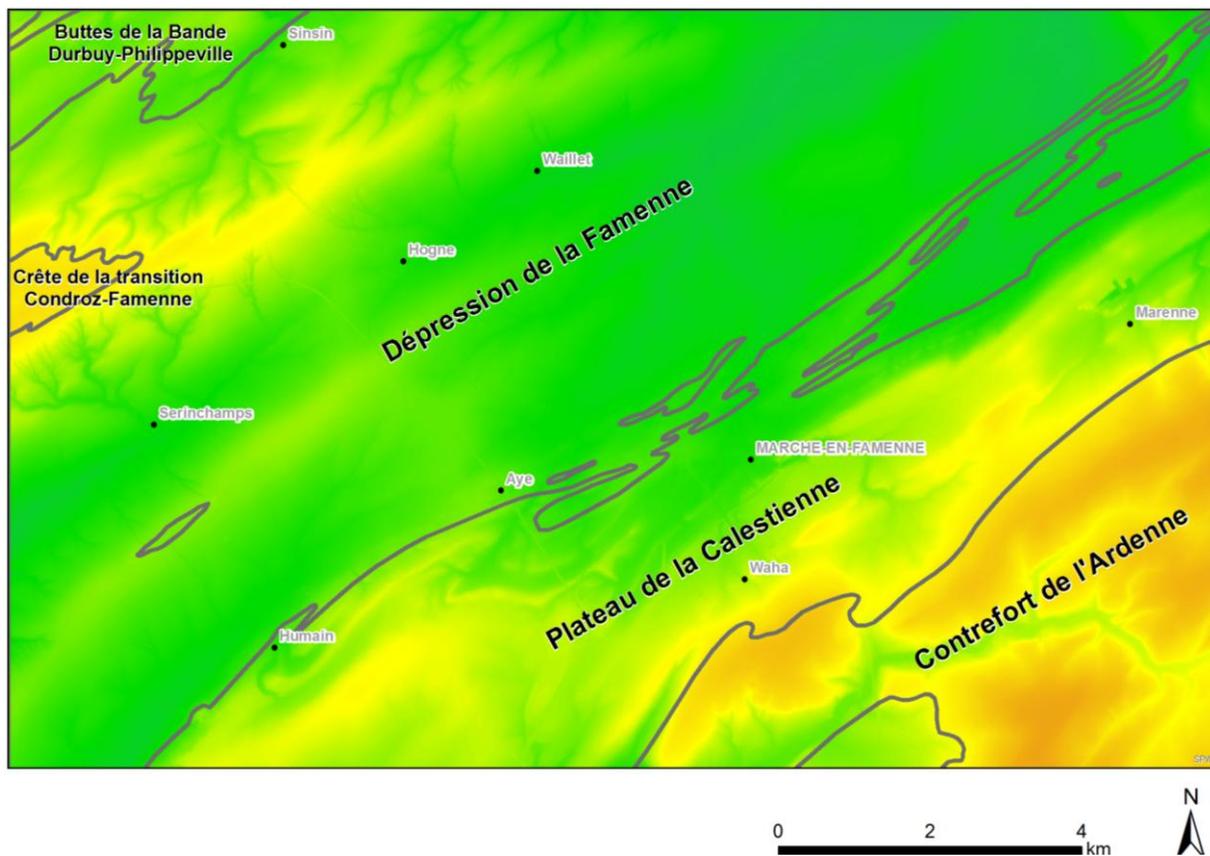


Figure II.3 : Zoom sur la planche 54/7-8 Aye – Marche-en-Famenne et situation des principaux ensembles géomorphologiques

Le réseau hydrographique s'écoule majoritairement selon l'axe des vallées (NE-SW), localement le relief est entaillé par un réseau hydrographique surimposé transversalement à cette structure générale.

Appartenant tous au bassin hydrographique de la Meuse, trois bassins hydrographiques principaux sont observés sur cette carte (Figure II.4) :

- le bassin de l'Ourthe occupe 98,8 km² soit 61,8% de la carte. Sur la carte étudiée, plusieurs sous-bassins s'individualisent. La Marchette est la rivière principale de la carte. Elle s'écoule depuis Marche-en-Famenne jusqu'à Noisieux où elle rejoint l'Ourthe (hors carte). Les affluents de la Marchette sont, d'est en ouest, la Naive (Nève), le Ri des Champs, le Ridenne (appelé aussi le Ri des Brulés), l'Eau du Pont ou Hougnette et le ruisseau d'Heure, affluent principal. Le bassin versant de l'Heure se développe dans la partie occidentale du bassin, ses affluents s'écoulant sur le territoire de la carte sont les ruisseaux de l'Abîme, des Fagnes, de Blesset. Ils rejoignent le ruisseau de l'Heure au nord, sur la carte Maffe – Grandhan. La confluence entre l'Heure et la Marchette est située à l'extrémité nord de la carte Aye – Marche-en-Famenne ;
- le bassin de la Lomme, présent dans la moitié sud de la planche, occupe 45,2 km², soit 28,2%. Les principaux cours d'eau représentés sont la Hédree à l'est et le ruisseau de Biran à l'ouest ;
- le bassin de la Lesse, à l'ouest, dont le Vachaux et ses nombreux affluents sont les principaux cours d'eau présents sur la planche, couvre 16 km², soit 10% de la carte ;

Une station limnimétrique est recensée sur la carte : la station L7120 sur la Marchette à l'est de Waillet, elle est gérée par la DCENN (Direction des Cours d'Eau non navigables³, Deux stations climatiques (K17 et K90), propriété de l'IRM, enregistrent les précipitations et températures à Marche-en-Famenne et à Humain (Figure II.4).

³ <http://aqualim.environnement.wallonie.be>

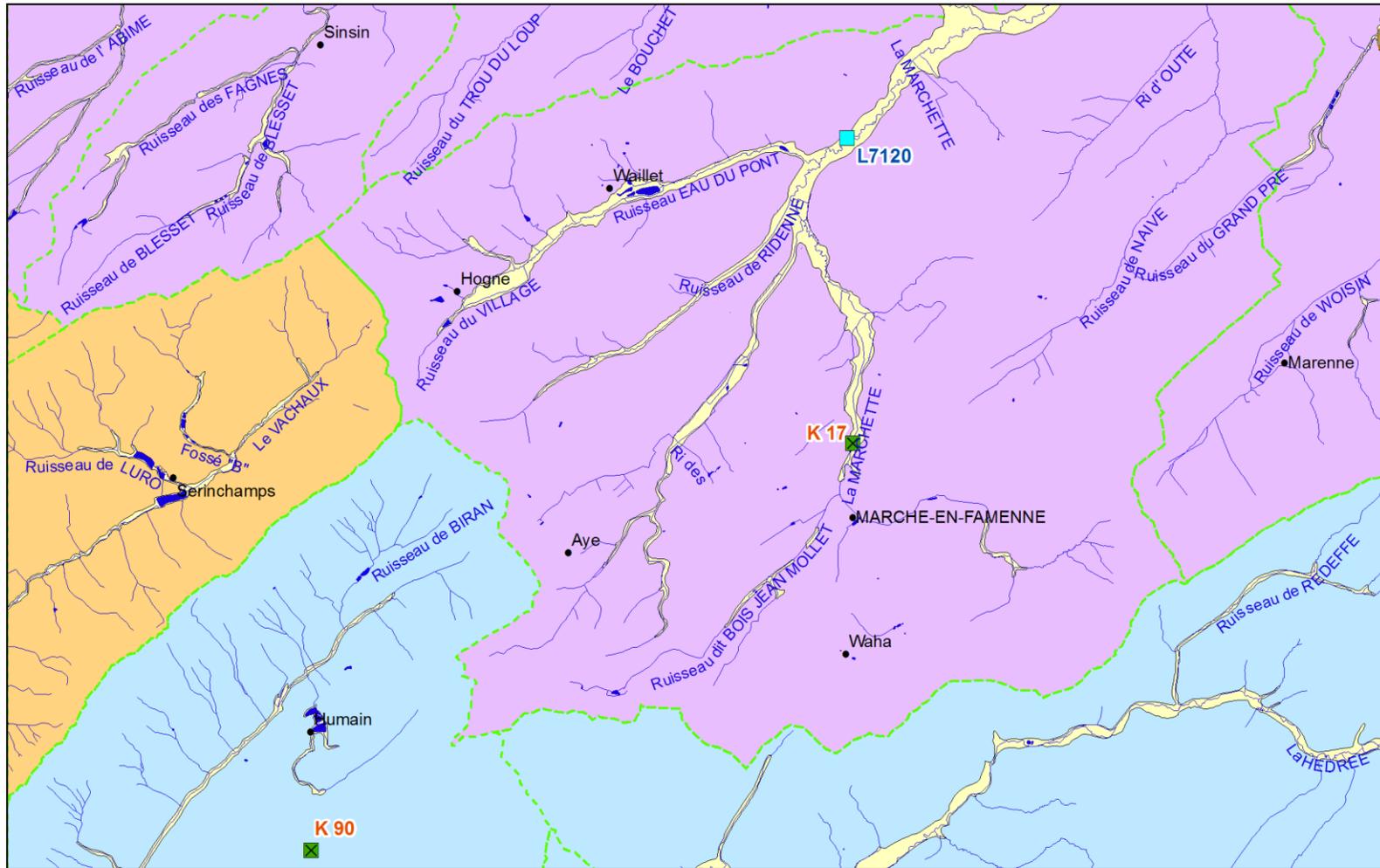


Figure II.4 : Carte du réseau hydrographique et des bassins versants de la région de Aye - Marche-en-Famenne

III. CADRE GEOLOGIQUE

III.1. CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

Les formations géologiques affleurant sur la carte Aye - Marche-en-Famenne s'étagent depuis l'Emsien jusqu'au Famennien supérieur. Elles appartiennent au Synclinorium de Dinant. Ces roches ont subi l'orogénèse varisque et sont affectées de nombreuses failles. Elles ont ensuite été érodées et pénéplanées. Des sédiments meubles d'âge cénozoïque s'observent dans les vallées (alluvions) et sont piégés dans les paléokarsts (dépôts argilo-sableux). La couverture limoneuse, peu épaisse, n'a pas été cartographiée mais s'étend sur tout le territoire de la carte (Figure III.1).

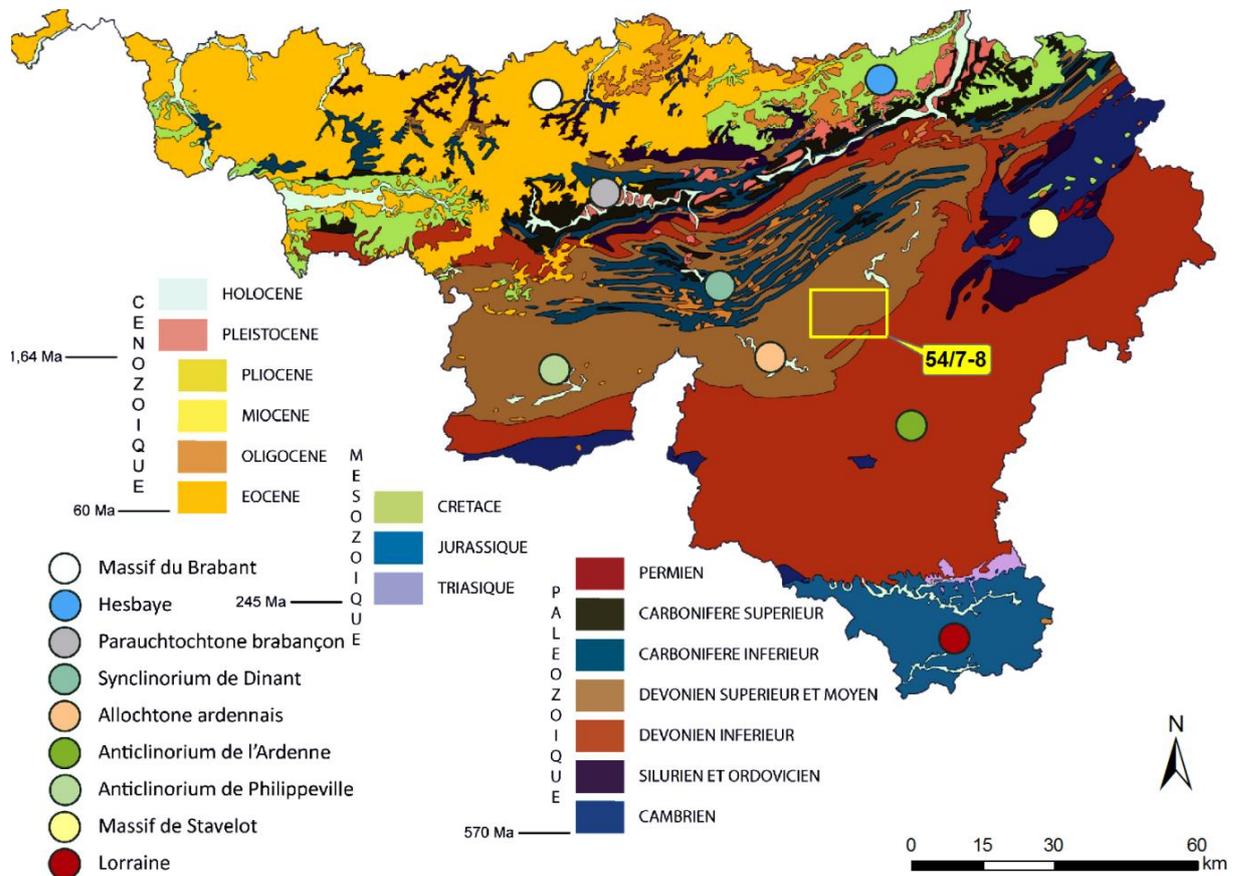


Figure III.1 : Localisation de la planche 54/7-8 Aye – Marche-en-Famenne sur la carte géologique en Wallonie (d'après de Béthune, 1961, modifié)

L'histoire géologique de la Wallonie comprend une succession de phases de sédimentation, de plissement et d'érosion dont les principales sont les suivantes :

- dépôt de sédiments détritiques terrigènes d'âge cambrien à silurien ;
- plissement lors de l'orogénèse calédonienne, érosion et pénéplanation ;
- dépôt en discordance sur le socle calédonien de terrains dévono-carbonifères ;
- orogénèse varisque (ou hercynienne), érosion et pénéplanation ;

- dépôt de sédiments cénozoïques, généralement meubles, discordants sur cette pénéplaine ;
- depuis la fin du Cénozoïque, le soulèvement de la pénéplaine épi-varisque a entraîné l'érosion presque complète de la couverture cénozoïque dont il ne subsiste plus que de rares témoins comme les sables de remplissage au niveau des dépressions karstiques.

III.2. CADRE GÉOLOGIQUE DE LA CARTE

III.2.1. CADRE LITHOSTRATIGRAPHIQUE

La description lithologique des formations fait référence à la carte géologique au 1/25 000 de Aye - Marche-en-Famenne dressée par L. Barchy et J.-M. Marion (2014). Cette carte est utilisée comme document de référence pour la carte hydrogéologique. Le **Tableau III.1** reprend les subdivisions géologiques utilisées dans la région d'Aye - Marche-en-Famenne.

Les unités géologiques sont décrites, de la plus ancienne à la plus jeune, de manière non exhaustive (**Tableau III.1**). Seules sont précisées les informations nécessaires à l'hydrogéologie (lithologie, épaisseur,...). Pour de plus amples informations, le lecteur pourra se reporter aux divers documents repris dans la bibliographie.

Tableau III.1 : Tableau lithostratigraphique (1/2) de la carte Aye - Marche-en-Famenne d'après Barchy et Marion (2014).

ERE	SYSTÈME	SÉRIE	ETAGE	FORMATION	MEMBRE	LITHOLOGIE	ABRÉV.		
CÉNOZOÏQUE	QUATERNAIRE	HOLOCÈNE		REMBLAIS		remblais d'origine anthropique	X		
				ALLUVIONS MODERNES		limons argileux, silts, sables, graviers	AMO		
				LIMONS		limons	LIM		
		PLÉISTOCÈNE			ALLUVIONS ANCIENNES		limons sableux, argiles, galets	ALA	
IÈRE	IEN	SUPÉRIEUR	FAMENNIEN	CINEY		grès, quartzites micacés, siltites, shales micacés	CIN		
				SOUVERAIN-PRÉ		shales et schistes calcaireux, nodules calcaires calcaires argileux	SVP		
				ESNEUX		grès fins micacés, siltites micacées	ESN	AE	
				AYE		schistes et siltites ou grès argileux, intercalations calcaires et gréseuses	AYE		
				FAMENNE		shales et petites lentilles de calcaires gréseux	FAM		
			FRASNIEN	VALISSETTES		shales et schistes fins, nodules calcaires, calcaires argileux	VAL	VB	
				BARVAUX		shales et schistes fins, rares lentilles gréseuses, monticule micritiques (MM)	BAR	MM	
				NEUVILLE		shales et schistes fins, nodules calcaires, calcaires argileux, monticules micritiques (MM) à la base	NEU	MM	
				PHILIPPEVILLE		calcaires et dolomies	PHV		
				GRANDS-BREUX	Boussu		shales, schistes, parfois nodules calcaires	CBR	BOU
					Lion		calcaires construits, calcaires fins à grossiers		LIO
					Bieumont		calcaires argileux parfois noduleux		BMT
				Ermitage		shales, schistes, nodules calcaires		ERM	

PALÉOZOÏQUE	DÉVONIEN			MOULIN LIÉNAUX	Arche	bioherme de calcaires massifs	MLX	ARC
					Chalon	calcaires argileux, niveaux argileux		CHA
				NISMES		shales et schistes, nodules calcaires		NIS
		MOYEN	GIVETIEN	FROMLENNES	Fort Hulobiet	calcaires parfois argileux	FRO	
					Moulin Boreux	calcaires en bancs épais		
					Flohimont	calcaires argileux, shales et schistes		
				MONT D'HAURS	calcaires massifs, calcaires fins, shales, schistes et calcschistes à la base		MHR	
				TERRE D'HAURS	calcaires fins ou grenus parfois argileux, fines couches de shales et de schistes carbonatés		THR	
				TROI-FONTAINE	calcaires stratifiés, calcaires fins		TRF	
			Marenne		calcaires quartzifères			
			EIFELIEN	HANONET	calcaires argileux, shales carbonatés, shales, siltites		HNT	
				LHOMME	grès parfois carbonatés, niveaux de siltites		LOM	
				JEMELLE	shales et schistes silteux à ciment carbonaté, nodules de calcaires, lentilles de grès silteux	JEM	SJ	
			INFÉRIEUR	EMSIEN	EAU NOIRE	shales, schistes silteux à ciment carbonaté, nodules de calcaires		ENR
					SAINT-JOSEPH	shales, schistes silteux à ciment carbonaté	STJ	
		HAMPTEAU - HIERGES			grès fins à grossiers, siltites et siltites gréseuses, conglomérats		HH	
		CHOOZ			schistes et siltites avec quelques lentilles de grès		CHO	
		VIREUX - PESCHE			siltites et shales avec bancs de grès micacés		PV	

III.2.1.1. Paléozoïque

III.2.1.1.1. Dévonien inférieur

Au Dévonien inférieur, une sédimentation détritique est provoquée par une série de transgressions marines sur les massifs calédoniens érodés (*Boulvain et Pingot, 2011*).

L'Emsien est le seul étage représentant le Dévonien inférieur sur la carte Aye - Marche-en-Famenne (**Figure III.2**).

III.2.1.1.1.1. Emsien

L'Emsien est composé des formations :

- de Pesche (PES) et de Vireux (PV) regroupées sous l'abréviation PV, pour pouvoir réaliser le raccord avec la carte voisine de Hotton – Dochamps (55/5-6). Ce regroupement n'affleure que très peu dans le coin sud-est de la carte où son épaisseur totale est estimée à 700 m ;
- de Chooz (CHO) ;
- de Hierges (HIE) et de Hampteau (HAM) regroupées sous l'appellation HH ;
- de Saint-Joseph (STJ) et de l'Eau Noire (ENR) regroupées avec la Formation de Jemelle (JEM), eifélienne, sous l'appellation SJ du fait du manque d'affleurements permettant de les distinguer.

La **Formation de Pesche** est composée de siltites et de grès micacés, en bancs pluricentimétriques à décimétriques.

La **Formation de Vireux** est constituée de grès et quartzites en bancs souvent lenticulaires et séparés par des bancs pluridécimétriques de schistes.

La **Formation de Chooz** est caractérisée par des schistes et des siltites accompagnés de quelques niveaux lenticulaires de grès. L'épaisseur de cette formation est d'environ 300 m.

Le **regroupement Hierges/Hampteau (HH)** matérialise une zone de transition entre ces deux formations. Il est constituée de grès fin à grossier en bancs pluridécimétriques à métriques souvent lenticulaires alternant avec des niveaux de siltites. On observe aussi des niveaux de conglomérats ou des grès très grossiers ainsi que plusieurs niveaux irréguliers de siltites gréseuses à débris de crinoïdes et accumulation de coquilles de brachiopodes. Ce regroupement a une épaisseur comprise entre 200 et 550 m. Il affleure dans le secteur sud-est de la carte dans la vallée de la Hedrée.

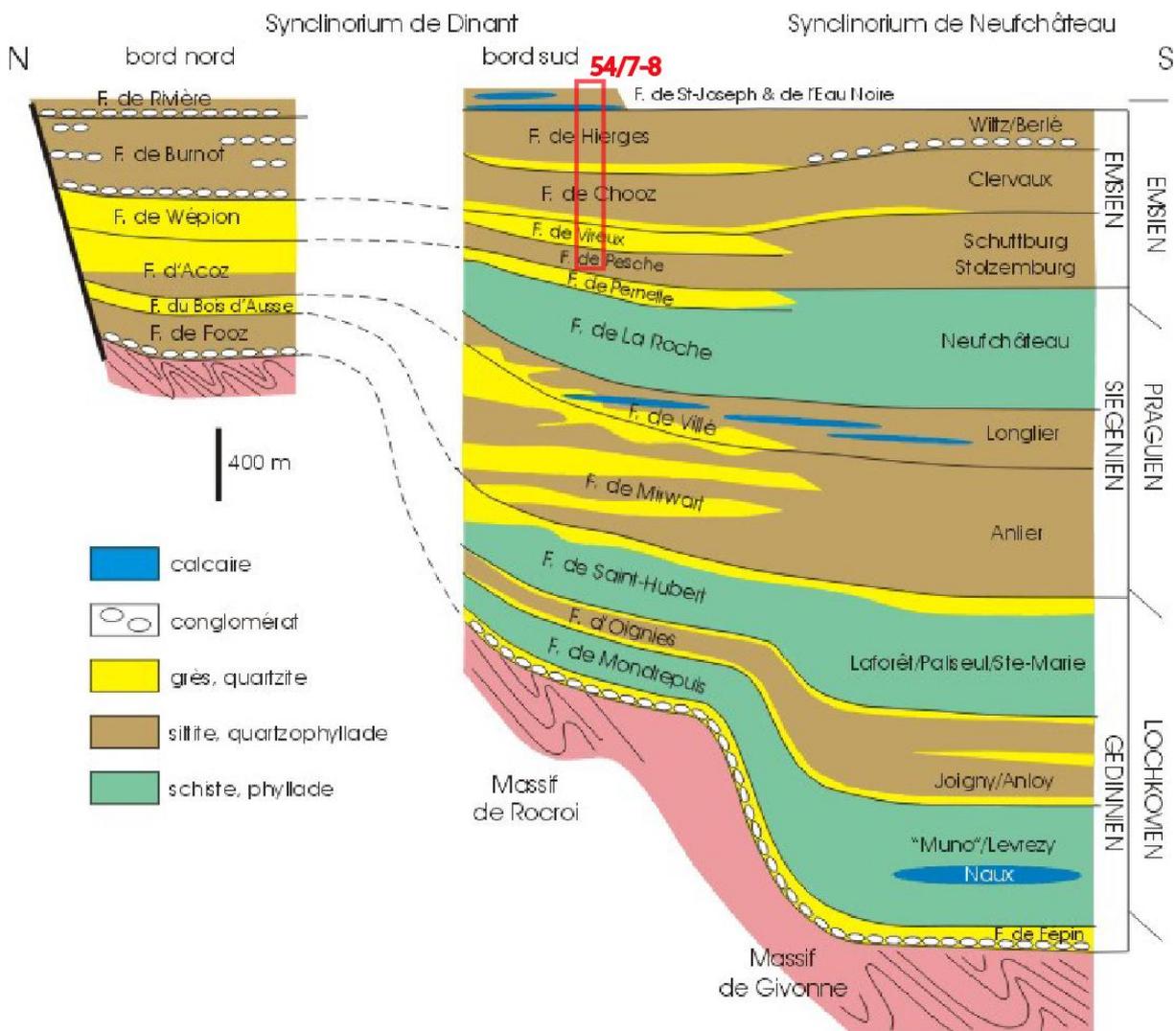


Figure III.2 : Situation dans le transect nord – sud des Synclinalia de Dinant et de Neufchâteau, durant le dépôt du Dévonien inférieur (d'après Boulvain et Pingot, 2011, modifié)

La **Formation de Saint-Joseph** est composée de shales, de schistes à siltites carbonatées contenant de nombreux débris de coquilles et de crinoïdes. Son épaisseur ne dépasse pas les quelques dizaines de mètres.

La **Formation de l'Eau Noire** est caractérisée par des shales et des schistes silteux carbonatés bioclastiques à nombreux débris de coquilles, crinoïdes et coraux solitaires, contenant des nodules de calcaire crinoïdique et coquiller. Son épaisseur est de quelques dizaines de mètres. Cette formation est à cheval sur l'Emsien supérieur et la base de l'Eifelien.

III.2.1.1.2. *Dévonien moyen*

Le Dévonien moyen est représenté par les étages Eifelien et Givetien (Figure III.3). A cette période, une transgression plus radicale s'installe. Aux faciès terrigènes succèdent des faciès argilo-calcaires et les premiers calcaires construits.

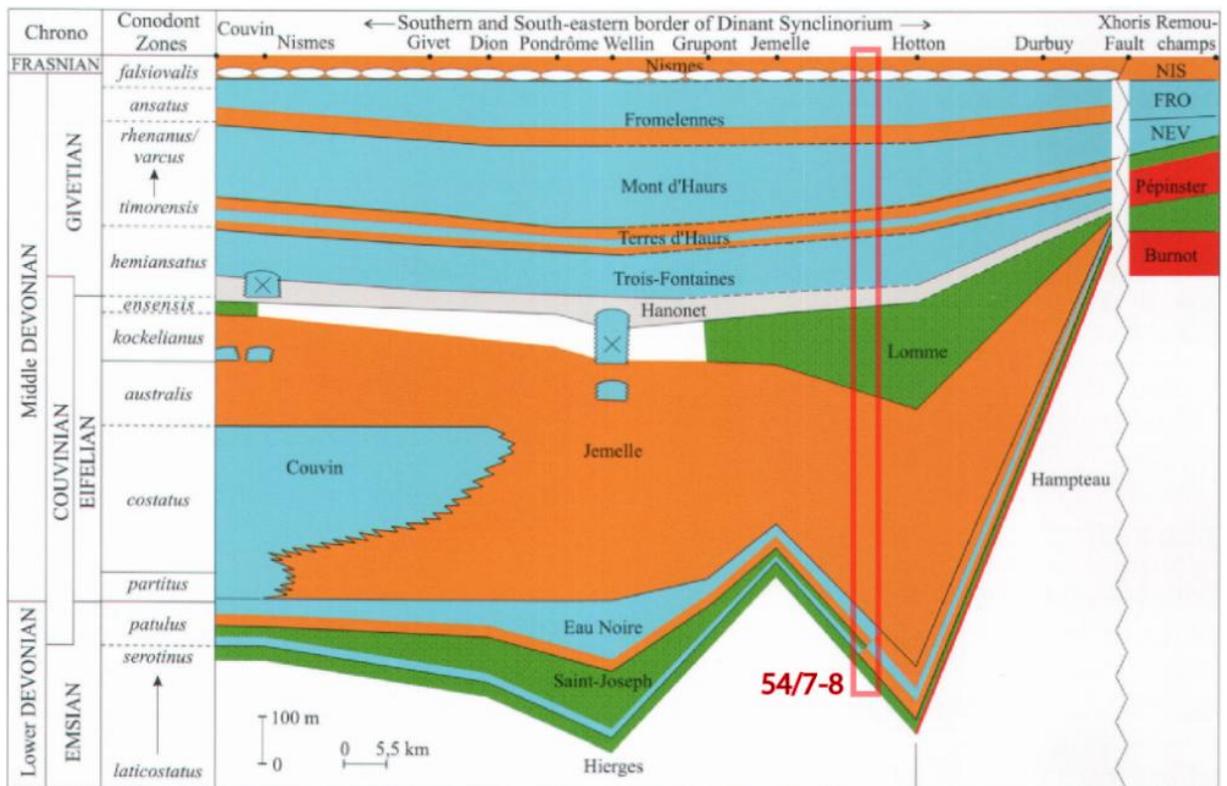


Figure III.3 : Formations du Dévonien moyen au sud du Synclinorium de Dinant (d'après Bultynck et Dejonghe, 2001 ; modifié).

III.2.1.1.2.1. Eifelien

L'Eifelien est composé des formations de Jemelle (JEM) et de la Lomme (LOM).

La **Formation de Jemelle**, épaisse d'environ 300 m, est composée de shales et de schistes silteux, carbonatés, régulièrement fossilifères. Des lentilles et des nodules de calcaires sont fréquemment observés ainsi que des bancs centimétriques de grès silteux carbonatés.

La **Formation de la Lomme** débute par des niveaux de grès francs. L'ensemble est constitué de grès, parfois carbonatés, en bancs pluricentimétriques à pluridécimétriques avec des intercalations régulières de niveaux de siltites. Cette formation est caractérisée par deux « barres » gréseuses épaisses de quelques dizaines de mètres. L'une, vers le sommet, est régulière et continue, l'autre, dans la partie inférieure de la formation, est parfois interrompue.

Cette formation affleure sur une bande étroite dirigée NE-SO et passant au sud de Marche-en-Famenne. Elle se marque dans le paysage par une butte allongée NE-SO car les grès de cette formation sont plus résistants à l'érosion que les calcaires, shales et schistes les entourant. L'épaisseur de cette formation est d'environ 115 m.

III.2.1.1.2.2. Givetien

Le Givetien est composé de la Formation d'Hanonet (HNT), de Trois-Fontaines (TRF), des Terres d'Haus (THR), du Mont d'Haus (MHR) et de Fromelennes (FRO).

La **Formation d'Hanonet** marque le passage Eifélien-Givetien. La base de la formation semble débiter par des shales et schistes suivi par des siltites accompagnées de bancs centimétriques de grès fins. La majeure partie de la formation est constituée d'une alternance de calcaire argileux, bioclastique, crinoïdique et de shales carbonatés. De moins d'1 m à 50 m, cette formation affleure sur une mince bande orientée NE-SW, traversant Marenne et passant au sud de Marche-en-Famenne.

La **Formation de Trois-Fontaines**. A la base de cette formation carbonatée, le *Membre de Marenne* a été reconnu localement. De faible épaisseur (25 à 30 m), il est composé de calcaires silteux durs, crinoïdiques, à fines laminations subparallèles et obliques. Ils se présentent en bancs pluridécimétriques. Au-dessus de ce niveau construit (ici bioherme), des bancs bien stratifiés (déci- à pluridécimétriques) de calcaires bioclastiques, de calcaires fins, de calcaires grenus sont observés. L'épaisseur totale de cette formation est d'environ 90 m.

La **Formation des Terres d'Haus** est caractérisée par un calcaire fin ou grenu, très fossilifère, parfois argileux, en bancs décimétriques ou pluridécimétriques avec de fines couches de shales et schistes carbonatés. Son épaisseur varie de 60 à 110 m.

La **Formation du Mont d'Haus**, épaisse de 110 à 150 m, est constituée de calcaires massifs alternant avec des calcaires fins en bancs épais ainsi que de calcaire moyen à accumulations d'organismes de type biostrome. A la base de cette formation, on observe un niveau très argileux, composé de shales, schistes et calcschistes très fossilifères.

La **Formation de Fromelennes** est composée de trois membres. De la base au sommet, on distingue :

- le **Membre de Flohimont** composé de calcaire argileux fossilifère alternant avec des passées de shales et schistes (épaisseur : 30 m) ;
- le **Membre de Moulin Boreux** composé de calcaire en bancs épais pluridécimétriques à plurimétriques (épaisseur : 85 m) ;
- le **Membre du Fort Hulobiet** composé de calcaire plus argileux en bancs pluricentimétriques à pluridécimétriques (épaisseur : 25 m).

III.2.1.1.3. *Dévonien supérieur*

Durant la première partie du Dévonien supérieur (Frasnien), la transgression se poursuit. La sédimentation passe à des faciès calcaro-détritiques mixtes. Ensuite, au Famennien, une importante régression induit le retour progressif de faciès littoraux terrigènes.

III.2.1.1.3.1. *Frasnien*

Le Frasnien (Figure III.4) est constitué des formations de Nismes (NIS), de Moulin Liénaux (MLX), des Grand Breux (GBR), de Neuville (NEU), de Philippeville (PHV), de Barvaux (BAR) et des Valisettes (VAL). Les formations des Valisettes et de Barvaux sont regroupées sous l'appellation VB car il est malaisées de les à cartographier distinctement à partir d'affleurements ponctuels.

Cet étage est très connu en Wallonie en raison du développement important de monticules récifaux au bord sud du Synclinorium de Dinant et dans l'Anticlinorium de Philippeville. Chacun des épisodes de croissance de « récifs » est interrompu par une période d'élévation du niveau marin, accompagnée d'un apport de sédiments terrigènes.

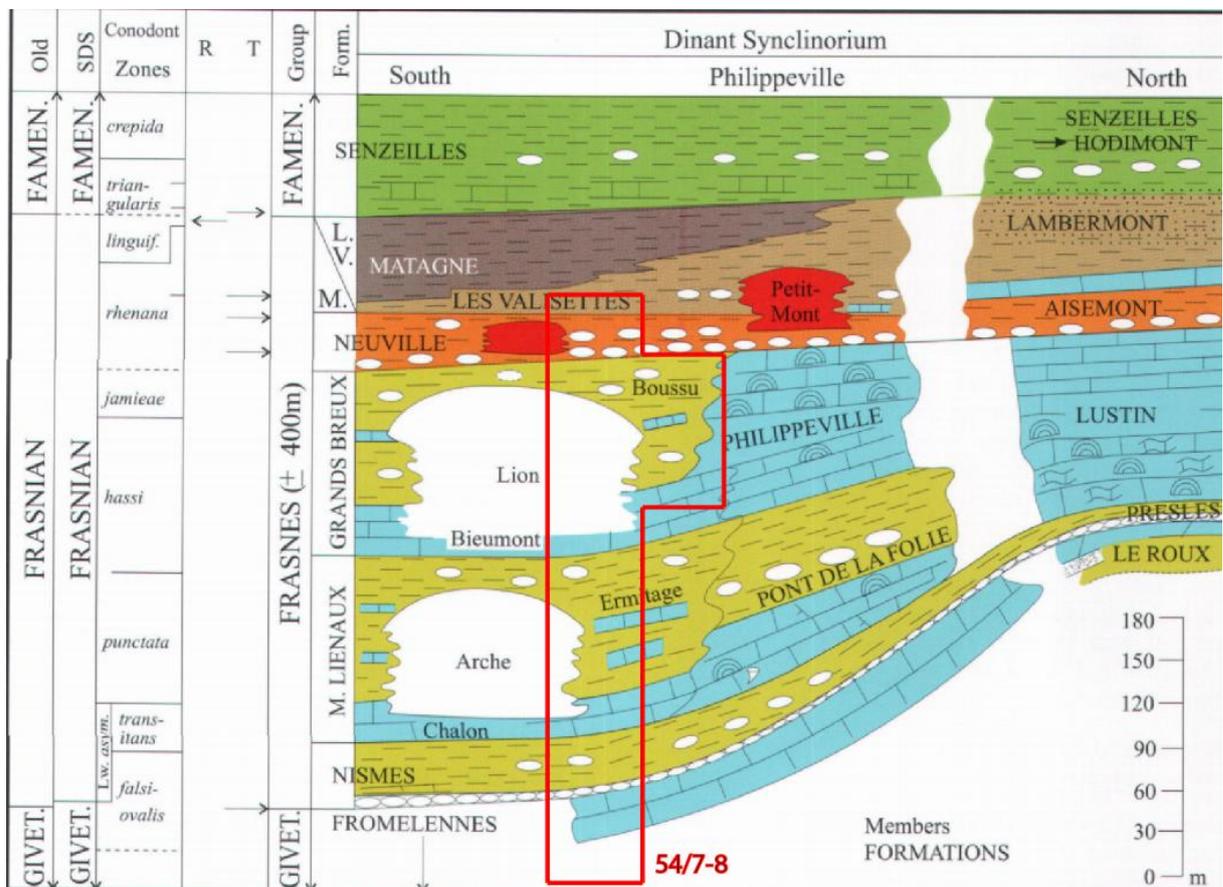


Figure III.4 : Coupe transversale du Frasnien dans le Synclinorium de Dinant (d'après Bultynck et Dejonghe, 2001 ; modifié)

La **Formation de Nismes** essentiellement argileuse, débute par un niveau de calcaire noduleux à ciment argileux. Ensuite, elle est composée de shales et de schistes avec des nodules calcaires et quelques rares lentilles de calcaires. Son épaisseur est d'environ 35 m.

La **Formation du Moulin Liénaux** est constituée ici de trois membres. De bas en haut, on distingue :

- le **Membre de Chalon (CHA)** composé de calcaires argileux, parfois subnoduleux, interrompus par quelques niveaux argileux (shales et schistes). Son épaisseur varie de quelques mètres à 15 m ;
- le **Membre de l'Arche (ARC)** composé de calcaires biohermaux massifs épais de 100 à 120 m ;
- le **Membre de l'Ermitage (ERM)** composé de shales et schistes avec quelques niveaux de nodules calcaires. Son épaisseur, variable, peut atteindre 110 m.

La **Formation de Grands Breux**, d'une épaisseur de quelques mètres à plus de 130 m, est divisée en trois membres cartographiés séparément sur la carte :

- le **Membre de Bieumont (BMT)** composé de calcaire argileux, noduleux, fin ou finement bioclastique avec parfois des intercalations argileuses. Son épaisseur est de 15 à 20 m ;
- le **Membre du Lion (LIO)** est composé de grosses masses lenticulaires biohermales de calcaire construits fins à grossiers. L'épaisseur varie de quelques mètres à plus de 100 m.
- le **Membre de Boussu (BOU)** composé de shale et schiste fin avec parfois des lits de nodules calcaires. Son épaisseur varie de quelques mètres à 80 m.

La **Formation de Philippeville**, équivalent latéral de la Formation de Grands Breux (Figure III.4), est caractérisée par un calcaire constitué d'une alternance de bancs métriques à plurimétriques biostromaux et de bancs décimétriques de calcaire fin souvent laminaires. Cette formation est aussi composée irrégulièrement de dolomie. Son épaisseur atteint environ 100 m.

La **Formation de Neuville** est composée de shales et schistes fins à nombreux nodules centimétriques à pluricentimétriques de calcaire fin (mudstone). La base de la formation est souvent caractérisée par des bancs décimétriques à pluridécimétriques de calcaires argileux (wackestone) à crinoïdes, brachiopodes, coraux et stromatopores. Ensuite, le caractère noduleux est très marqué dans la moitié inférieure de la formation et, plus haut, ce sont des schistes pauvres en nodules qui apparaissent. Le sommet est marqué soit par deux bancs décimétriques de calcaire fin, soit par un horizon carbonaté de quelques mètres d'épaisseur. Localement, à la base de la formation, on observe le développement de calcaires massifs biohermaux contenant des coraux, crinoïdes, brachiopodes, céphalopodes, éponges et encroûtements algaires. Ils sont repris sur cette carte sous le vocable « **monticules micritiques** » (MM). L'épaisseur totale de la formation est d'environ 35 m et peut atteindre localement 100 m.

La **Formation des Valisettes** est formée de shales et schistes fins passant à des shales et schistes à nodules de calcaire fin (mudstone). On peut également observer des

bancs de calcaire finement grenu (wackestone), argileux, crinoïdique. Son épaisseur est variable, de quelques mètres à quelques dizaines de mètres.

La **Formation de Barvaux** est constituée de shales et schistes fins avec parfois des lentilles de calcaire gréseux intercalaires. A proximité du contact avec la Formation de la Famenne, il peut exister un niveau métrique de schiste fin pyriteux. Au moins deux « monticules micritiques » (MM) sont présents dans cette formation. Son épaisseur est variable, de quelques dizaines de mètres à plus de 90 m.

III.2.1.1.3.2. *Famennien*

Le Famennien est constitué par les formations de la Famenne (FAM), d'Aye (AYE), d'Esneux (ESN), de Souverain Pré (SVP) et ce Ciney (CIN) (Figure III.5). Les lithologies assez similaires des formations d'Aye et d'Esneux a donné lieu à un regroupement sur la carte Aye - Marche-en-Famenne (AE).

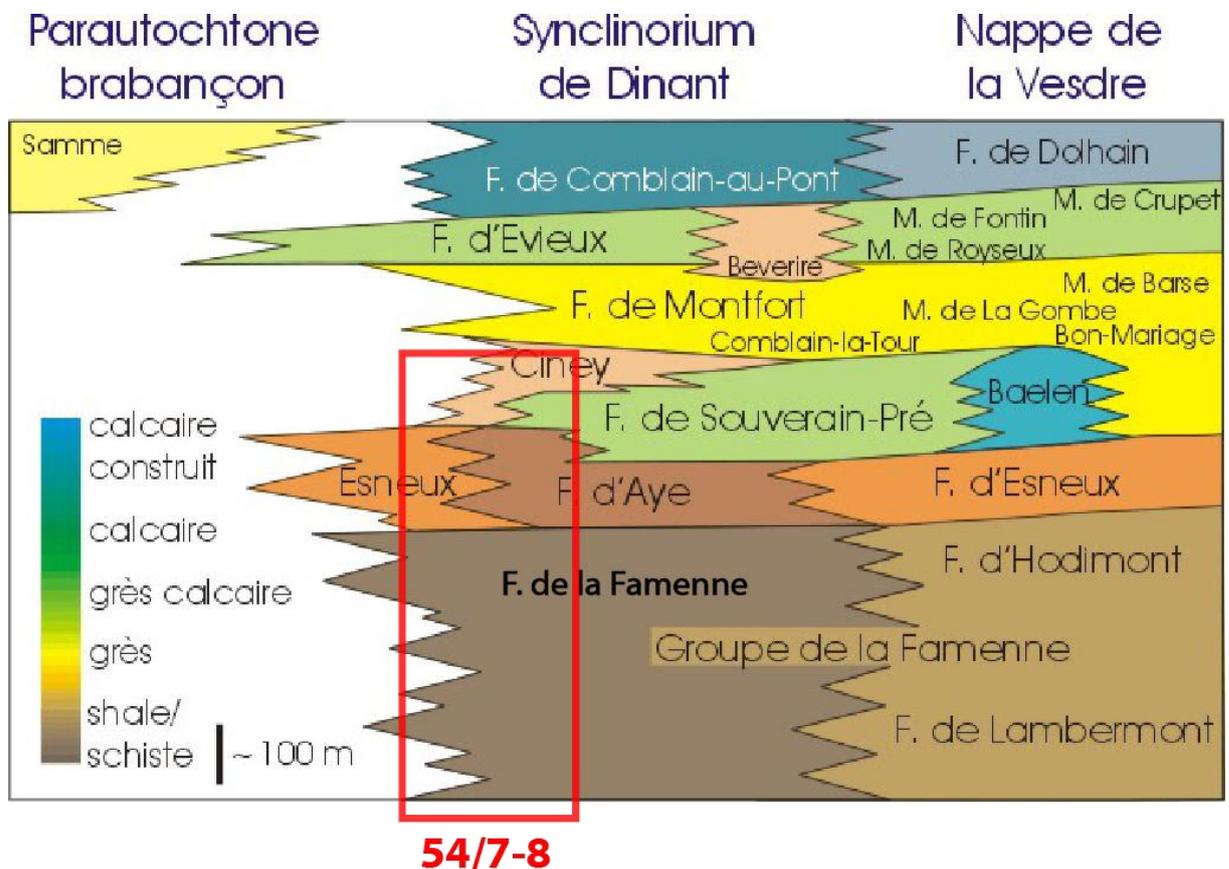


Figure III.5 : Répartition des formations famenniennes et situation de la région de Aye - Marche-en-Famenne (d'après Bultynck et Dejonghe, 2001, modifié, inspiré des travaux de Thorez et al., 2006).

La **Formation de la Famenne**, épaisse d'environ 150 m, contient des shales et schistes fins interstratifiés parfois par des bancs plurimillimétriques à centimétriques de grès laminaires et/ou par des lentilles de calcaire coquillier gréseux.

La **Formation d'Aye** est composée d'alternances de shales, schistes et de siltites voire de grès fins, hétérogènes parfois laminaires, argileux, en bancs plurimillimétriques à

centimétriques. Notons la présence de lentilles ou nodules centimétriques de calcaire. La puissance de cette formation est variable, de 50 à 100 m.

La **Formation d'Esneux** est caractérisée par une alternance de bancs centimétriques à pluricentimétriques de siltites ou grès fins micacés avec des grès calcaireux et quelques minces lentilles de calcaires crinoïdiques. Son épaisseur est comprise entre 80 et 150 m.

La **Formation de Souverain-Pré** représente le seul épisode franchement carbonaté du Famennien (sédiments schisto-gréseux). De la base vers le sommet, on observe des shales et des schistes calcaireux à nodules de calcaire, ensuite des calcaires argileux, noduleux et crinoïdiques. Cette sédimentation carbonatée est parfois interrompue par des grès micacés. Son épaisseur est d'environ 35 m.

La **Formation de Ciney** se compose de (micro)quartzites arkosiques micacés en bancs pluridécimétriques à métriques qui alternent avec des siltites et des shales micacés en quantité subordonnée. Son épaisseur est comprise entre 250 et 300 m.

III.2.1.2. Cénozoïque

Les dépôts cénozoïques sont représentés par des dépôts du Quaternaire essentiellement ; alluvions anciennes (ALA), limons (LIM), alluvions modernes (AMO) et remblais anthropiques (X).

Les **alluvions anciennes** sont composées majoritairement de limon sableux, et d'argile à nombreux galets de diamètre variable. Ces dépôts anciens se retrouvent dans les terrasses de l'Ourthe. Leur épaisseur est variable, allant d'un mètre à plusieurs mètres.

Sous le terme de **limons** sont repris tous les sédiments formant la couverture. Cette dernière est constituée de limons, de sables, de sables argileux et d'argiles. L'épaisseur de cette couverture est très variable, quasi inexistante sur les versants abrupts, elle se développe nettement plus au pied des pentes douces orientées vers le nord-est et surtout, sur les replats, notamment du plateau du Gerny, et dans la dépression de la Famenne. Des dépôts de loess (limon éoliens périglaciaires), parfois épais de plusieurs mètres, ont été observés sur le plateau du Gerny. Cette couverture n'a pas été cartographiée.

Les **alluvions modernes**, localisées principalement dans la vallée de la Hedrée et dans une petite partie de la vallée de l'Ourthe au NE, sont formées de limon argileux, de silt, de sable et de gravier. Leur épaisseur est variable, de un à plusieurs mètres.

Les **remblais anthropiques** sont composés de terrains remaniés, de terrils d'anciennes carrières, de décharges, etc.

III.2.2. CADRE STRUCTURAL

La carte Aye - Marche-en-Famenne appartient au synclinorium de Dinant dont elle constitue une partie de la bordure sud.

De grandes structures longitudinales d'orientation SSE-NNE, présentent des styles de plis différents, comprennent des plis de styles différents, des failles normales à composante décrochante et de nombreux accidents plus modestes, comme les ensembles de failles conjuguées, failles inverses et normales. Dans la zone de la Dépression de la Famenne, la lithologie homogène ne permet pas de mettre en évidence toutes les structures qui ne sont dès lors pas toutes représentées sur la carte.

III.2.2.1. Unités structurales

Plusieurs zones sont identifiées sur l'étendue de cette carte. Ce sont, du nord au sud (Figure III.6) :

1. la **Bande anticlinoriale Durbuy – Philippeville** présente des plis droits à légèrement déjetés, à vergence nord ou sud, selon leur position au nord ou au sud de la structure, et d'orientations différentes de celles des plis de la Famenne ;
2. la **transition Condroz-Famenne** généralement caractérisée par des plis, serrés, déjetés à rarement déversés vers le nord, affectant les formations silto-gréseuses famenniennes supérieures (ex : le Synclinal de Chevetogne-Haversin) ;
3. la **Dépression de la Famenne**, est la zone ayant accommodé une grande partie de la déformation. Elle présente de nombreux plis serrés, déjetés à rarement déversés vers le sud, comprenant des plis secondaires et de nombreuses failles longitudinales. Deux plis majeurs se dégagent : (1) l'Anticlinal de Navaugle et, au sud, (2) le vaste complexe synclinal de Havrenne ;
4. le **Plateau de la Calestienne**, constitué de calcaires dévoniens, est souvent compliquée par des plis en « Z » répétitifs et par des failles longitudinales, le plus souvent normales, parfois inverses, auxquelles vient fréquemment s'ajouter une composante décrochante. Le plateau du Gerny, au SW, est une vaste structure anticlinale ouverte, d'orientation générale NE-SW, affectée d'un pli transversal d'axe NNW-SSE provoquant un double ennoyage, vers le nord-est et vers le sud-ouest. Au sud du plateau du Gerny apparaît le Synclinal de Marloie, pincé et déversé vers le nord ;

5. les **Contreforts de l'Ardenne**, au sud, présente des plis en chaise à vergence sud affectés par des failles longitudinales souvent normales (comme la Faille de Lamsoul).

III.2.2.2. Failles

Les failles repérées sur la carte présentent un mouvement « principal » normal résultant d'un épisode d'extension nord-sud tardi-varisque d'importance régionale, caractéristique de la bande de la Calestienne. Un mouvement décrochant se superpose et résulterait d'une compression apparente E-W ou oblique à la direction de la faille. Les failles les plus importantes sont du nord au sud (Figure III.6) :

- la **Faille de Pelaimont**, longitudinale à composante normale, passe à proximité du lieu-dit « À Bazèque » et s'étend jusqu'au nord de Marche. Cet accident fait partie des nombreuses failles, malaisées à repérer, affectant les niveaux schisteux du Frasnien supérieur et de la base du Famennien ;
- la **Faille du Fond des Vaulx**, est composée multiples fractures en relais et d'allure variable dont la résultante semble indiquer une composante normale ;
- la **Faille de Bourdon**, longitudinale et oblique aux couches, montre un rejet apparent décrochant sénestre ;
- la **Faille de Marenne** peut être suivie depuis Marenne jusqu'à Verdenne, où elle affecte la crête topographique armée par les grès eiféliens de la Formation de la Lomme. Plus à l'ouest quelques indices du passage d'un accident tectonique « important » ont été repérés ; mesures de direction et de pendage incohérents et taux élevé de fracturation dans les grès et les microconglomérats de la Formation d'Hampteau et de la base de la Formation de Hierges. Vers l'est, la faille est identifiée dans la vallée de Lisbelle, sur la carte Hotton – Dochamps. La direction générale de la surface de la Faille de Marenne est de N 235° E et son inclinaison moyenne est de 80°SE ;
- la **Faille de Lamsoul** est une faille longitudinale normale verticale, parallèle à celle de Marenne. On observe une descente du compartiment sud et un rejet, variable sur son tracé, compris entre quelques centaines de mètres jusqu'à plus de 1 000 m.

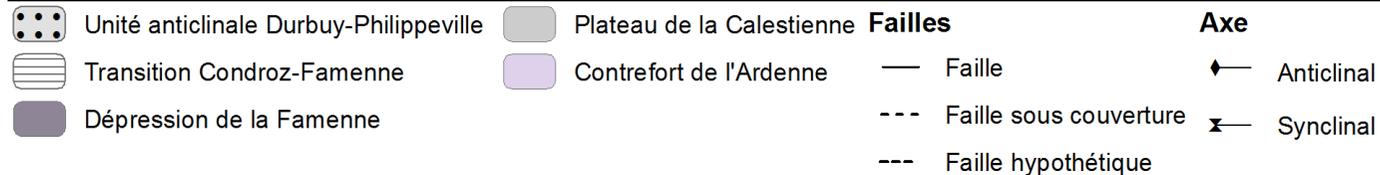
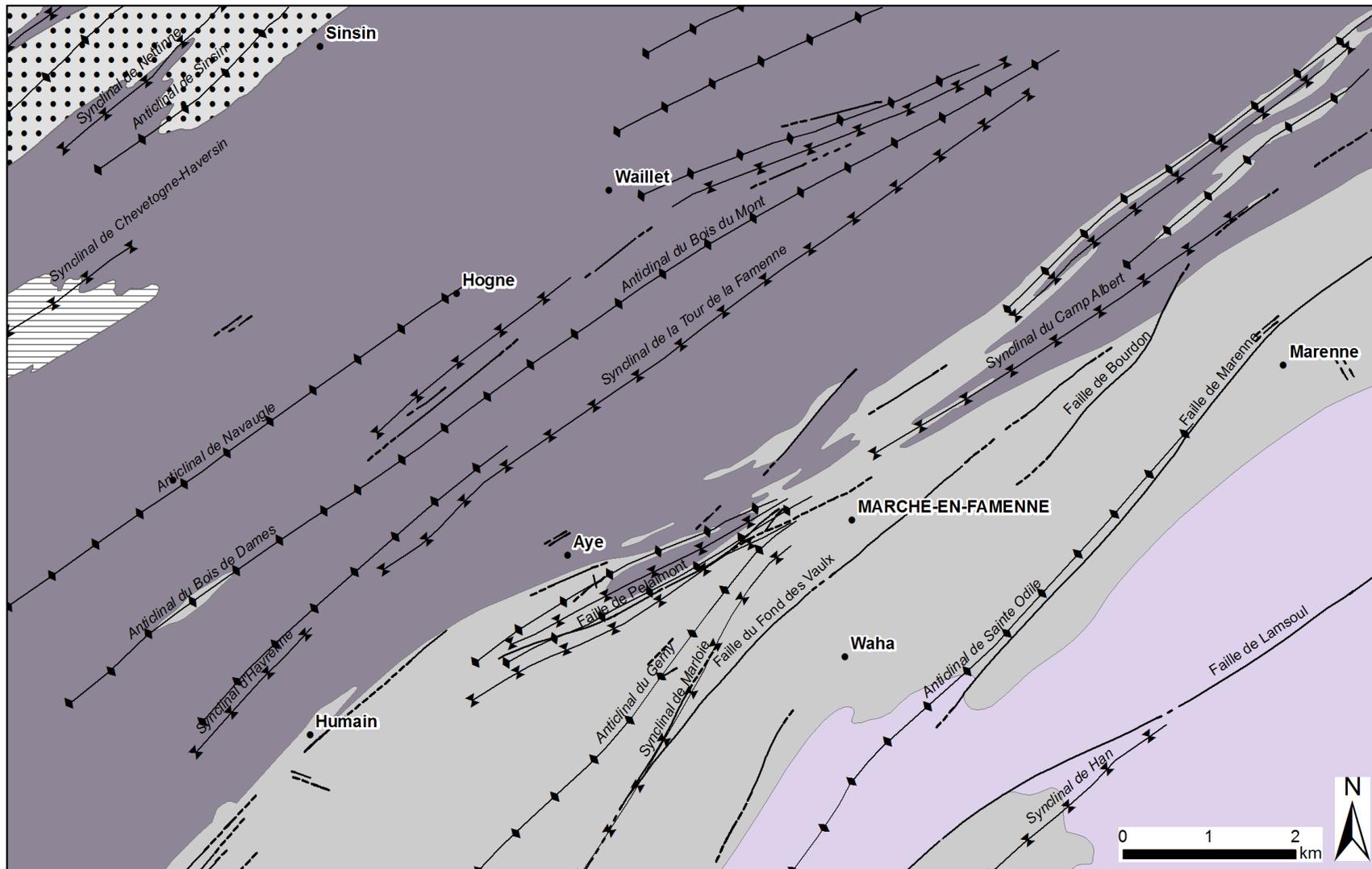


Figure III.6 : Carte structurale simplifiée d'Aye - Marche-en-Famenne.

IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE

Les eaux souterraines de la région d'Aye - Marche-en-Famenne sont présentes dans toutes les unités géologiques qui couvrent la carte. 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 ou subdivisées en unités hydrogéologiques, chacune étant caractérisée par un comportement hydrodynamique qui lui est propre.

Trois termes sont utilisés pour qualifier le caractère plus ou moins perméable des formations rocheuses en hydrogéologie (*Pfannkuch, 1990 ; UNESCO-OMM, 1992*) :

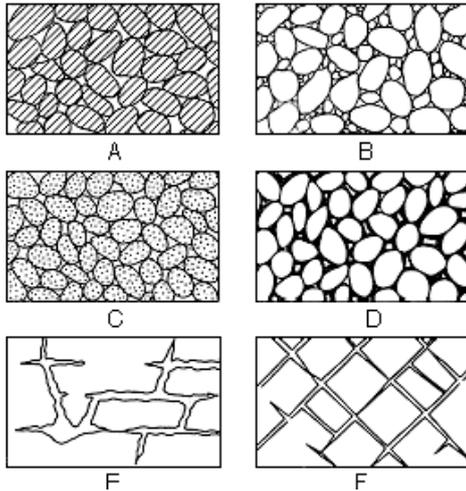
- **Aquifère** : formation perméable permettant d'exploiter de grandes quantités d'eaux souterraines ;
- **Aquitard** : formation semi-perméable dans laquelle l'écoulement se fait à une vitesse plus réduite que dans un aquifère, son exploitation est possible mais de capacité limitée ;
- **Aquiclude** : formation à caractère peu perméable 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 peu perméable 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.

De manière générale c'est la porosité efficace (rapport du volume d'eau contenue dans un matériau pouvant être libérée sous l'effet de la gravité, au volume total du milieu qui la contient) et la conductivité hydraulique, proportionnelle à la granulométrie des grains, qui va déterminer le caractère plus ou moins aquifère d'une roche (**Figure IV.1**). Les roches cohérentes sont, en principe, peu perméables. Néanmoins, la fissuration, l'altération ou la dissolution peuvent modifier leur perméabilité (**Figure IV.1**) :

- La fracturation crée un réseau de fractures au sein duquel l'eau peut circuler ;
- L'altération des roches induit des comportements différents selon leur lithologie. Trois comportements principaux se présentent :
 1. La roche est un carbonate : l'altération entraîne une dissolution de la roche et un agrandissement du réseau de fractures existant. La perméabilité est donc augmentée ;

2. La roche est un grès : l'altération donne du sable, ce dernier présente une plus grande porosité efficace et une bonne perméabilité ;
3. La roche est un shale/schiste : l'altération donne une argile qui colmate le réseau de fractures. La perméabilité est diminuée.



A, roche sédimentaire de granulométrie triée, porosité élevée ;B, roche sédimentaire de granulométrie mal triée, porosité faible ;C, roche sédimentaire de granulométrie triée et constituée de grains poreux, porosité très élevée ;D, roche sédimentaire de granulométrie triée mais dont la porosité est diminuée par une précipitation minérale dans les interstices ;E, roche cohérente rendue poreuse par dissolution ;F, roche cohérente rendue poreuse par fracturation.

Figure IV.1 : Différents types de porosité dans les roches meubles et cohérentes
(d'après Meinzer, 1923)

Tableau IV.1 : Porosité totale, porosité efficace et perméabilité des principaux types de roches
(d'après Castany, 1998)

Roche	Porosité totale (%)	Porosité efficace (%)	Perméabilité K (m/s)
Argile	45 à 55	0 à 5	10^{-12} à 10^{-9}
Sable moyen	30 à 40	25 à 35	10^{-5} à 10^{-2}
Gravier	25 à 35	20 à 30	10^{-3} à 10
Grès	0 à 10	0 à 5	10^{-10} à 10^{-8}
Calcaire	5 à 15	0 à 10	10^{-9} à 10^{-6}
Basalte massif	0 à 5	0 à 5	10^{-11} à 10^{-6}
Schiste	0 à 20	0 à 5	10^{-13} à 10^{-9}

Les failles, fréquemment minéralisées (barite et calcite), peuvent aussi constituer des zones de circulation préférentielles des eaux souterraines ou, au contraire, lorsqu'elles qu'elle son comblées par un matériau peu perméable (argile) former un seuil hydrogéologique.

Au niveau régional, la carte de Aye - Marche-en-Famenne se situe principalement au droit de la masse d'eau RWM023 (Figure IV.2) qui correspond aux calcaires et grès de la Caestienne et de la Famenne (RW : Région Wallonne, M : bassin de la Meuse, 023 : numéro de la masse d'eau).

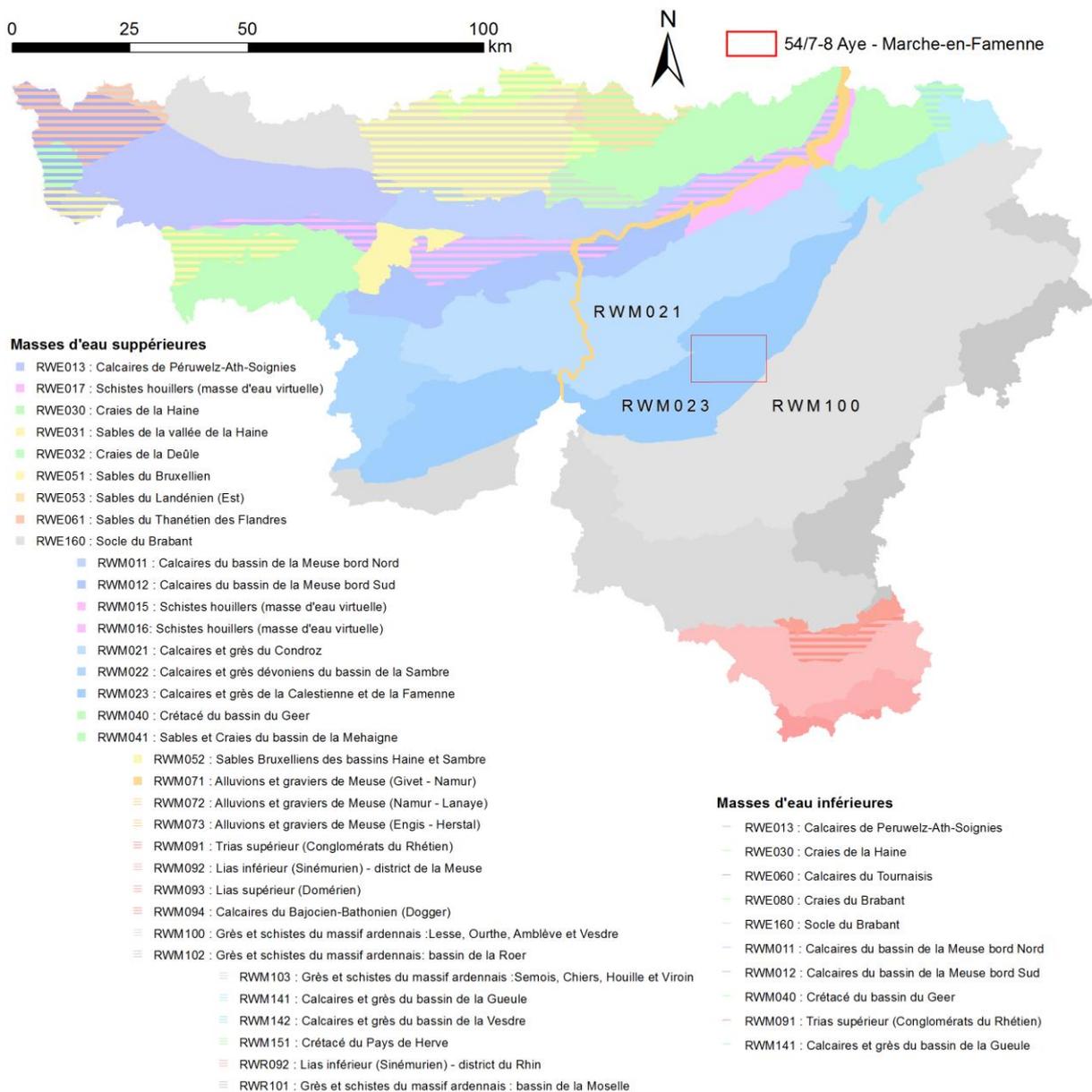


Figure IV.2 : Masses d'eau souterraine en Wallonie et situation de la carte de Aye - Marche-en-Famenne (d'après S^W-DGO3, 2015)

IV.1. DESCRIPTION DES UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES

Les unités hydrogéologiques définies pour la carte Aye - Marche-en-Famenne sont décrites ci-dessous dans l'ordre stratigraphique, de la plus ancienne à la plus récente. Elles sont reprises de manière synthétique dans le **Tableau IV.2**.

Tableau IV.2 : Tableau de correspondance entre la géologie et l'hydrogéologie de la carte Aye - Marche-en-Famenne.

ERE	SYSTÈME	SÉRIE	ETAGE	FORMATION	MEMBRE	LITHOLOGIE	ABRÉV.	UNITÉ HYDROGÉOLOGIQUE		
CÉNOZOÏQUE	QUATERNAIRE	HOLOCÈNE		REMBLAIS		remblais d'origine anthropique	X	Nappe des remblais		
				ALLUVIONS MODERNES		limons argileux, silts, sables, graviers	AMO	Aquifère alluvial		
				LIMONS		limons	LIM	Aquitard limoneux (non cartographié)		
		PLÉISTOCÈNE			ALLUVIONS ANCIENNES		limons sableux, argiles, galets	ALA	Aquifère des terrasses fluviales	
		SUPÉRIEUR	FAMENNIEN	CINEY		grès, quartzites micacés, siltites, shales micacés	CIN	Aquifère des grès du Famennien		
				SOUVERAIN-PRÉ		shales et schistes calcaireux, nodules calcaires calcaires argileux	SVP	Aquitard du Famennien		
				ESNEUX		grès fins micacés, siltites micacées	ESN	Aquitard du Famennien		
				AYE		schistes et siltites ou grès argileux, intercalations calcaires et gréseuses	AYE			
				FAMENNE		shales et petites lentilles de calcaires gréseux	FAM	Aquiclude du Famennien		
			FRASNIEN	VALISSETTES		shales et schistes fins, nodules calcaires, calcaires argileux	VAL	VB	Aquiclude du Frasnien	
				BARVAUX		shales et schistes fins, rares lentilles gréseuses, monticule micritiques (MM)	BAR	MM	Aquifère des calcaires du Frasnien	
				NEUVILLE		shales et schistes fins, nodules calcaires, calcaires argileux, monticules micritiques (MM) à la base	NEU	MM	Aquitard du Frasnien Aquifère des calcaires du Frasnien	
				PHILIPPEVILLE		calcaires et dolomies	PHV		Aquifère des calcaires du Frasnien	
				GRANDS-BREUX	Boussu		shales, schistes, parfois nodules calcaires	GBR	BOU	Aquiclude du Frasnien
					Lion		calcaires construits, calcaires fins à grossiers		LIO	Aquifère des calcaires du Frasnien
					Bieumont		calcaires argileux parfois noduleux		BMT	Aquitard du Frasnien

PALÉOZOÏQUE	DÉVONIEN			MOULIN LIÉNAUX	Ermitage	shales, schistes, nodules calcaires	MLX	ERM		Aquiclude du Frasnien			
					Arche	bioherme de calcaires massifs		ARC		Aquifère des calcaires du Frasnien			
					Chalon	calcaires argileux, niveaux argileux		CHA		Aquiclude Frasnien			
				NISMES		shales et schistes, nodules calcaires	NIS		Aquiclude du Frasnien				
				MOYEN	GIVETIEN	FROMLENNES	Fort Hulobiet	calcaires parfois argileux	FRO				Aquifère des calcaires du Givetien
							Moulin Boreux	calcaires en bancs épais					
							Flohimont	calcaires argileux, shales et schistes					
						MONT D'HAURS		calcaires massifs, calcaires fins, shales, schistes et calcschistes à la base	MHR	Aquifère des calcaires du Givetien			
						TERRE D'HAURS		calcaires fins ou grenus parfois argileux, fines couches de shales et de schistes carbonatés	THR				
						TROI-FONTAINE		calcaires stratifiés, calcaires fins	TRF				
					Marenne		calcaires quartzifères						
					EIFELIEN	HANONET		calcaires argileux, shales carbonatés, shales, siltites	HNT	Aquitard de l'Eifelien			
						LHOMME		grès parfois carbonatés, niveaux de siltites	LOM	Aquifère de l'Eifelien			
						JEMELLE		shales et schistes silteux à ciment carbonaté, nodules de calcaires, lentilles de grès silteux	JEM	Aquitard de l'Eifelien			
				INFÉRIEUR	EMSIEN	EAU NOIRE		shales, schistes silteux à ciment carbonaté, nodules de calcaires	ENR		SJ		
						SAINT-JOSEPH		shales, schistes silteux à ciment carbonaté	STJ				
				HAMPTEAU - HIERGES			grès fins à grossiers, siltites et siltites gréseuses, conglomérats	HH	Aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur				
				CHOOZ			schistes et siltites avec quelques lentilles de grès	CHO	Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur				
				VIREUX - PESCHE			siltites et shales avec bancs de grès micacés	PV					

IV.1.1. UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES DU DÉVONIEN INFÉRIEUR

IV.1.1.1. Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Composée essentiellement de shales, schistes et siltites cette unité hydrogéologique est globalement caractérisée comme aquiclude. Les niveaux lenticulaires de grès et de grès argileux localement observés dans les Formations de Vireux, Pesche et Chooz, ainsi que les passées gréseuses vers le sommet (à l'approche de la Formation d'Hampteau), peuvent constituer des horizons aquifères exploitables. Dans les terrains schisteux, le remplissage des failles généralement argileux leur confère un rôle d'écran peu perméable ou de seuil hydrogéologique, réduisant la circulation des eaux souterraines.

IV.1.1.2. Aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur

Cette unité hydrogéologique est composée d'une alternance de grès et de siltites, accompagnée de niveaux conglomératiques (Formations d'Hampteau et de Hierges). Ces roches sont disposées en bancs ou blocs pluridécimétriques à métriques. La conductivité hydraulique de cet ensemble étant assez réduite, cette unité est définie en tant qu'aquitard à niveaux aquicludes dans les horizons silteux. Les failles dans ces terrains vont jouer un rôle différent selon qu'elles affectent des roches gréseuses ou des roches silteuses. Le remplissage des fissures ouvertes dans les bancs de grès fracturés sera davantage sableux et donc perméable. Alors que dans les siltites, les fractures sont généralement colmatées par un remplissage argileux peu perméable.

IV.1.2. UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES DU DÉVONIEN MOYEN

IV.1.2.1. Aquitard de l'Eifelien

Sont reprises sous l'appellation « Aquitard de l'Eifelien » les Formations de Saint-Joseph, de l'Eau Noire, de Jemelle et d'Hanonet. Les trois premières formations ont été cartographiées ensemble. Leur lithologie est dominée par les schistes et shales silteux à ciment carbonaté avec des nodules ou lentilles de calcaires et des bancs centimétriques de grès. La Formation d'Hanonet présente un faciès plus carbonaté: calcaires argileux et shales carbonatés avec à la base des schistes et siltites. Les perméabilités au sein de cet ensemble peuvent varier fortement d'un niveau à l'autre, globalement cela justifie leur classification en termes d'aquitard.

IV.1.2.2. Aquifère de l'Eifelien

Cette unité hydrogéologique se compose de la Formation de la Lomme. Constituée de grès francs et de grès parfois carbonatés en bancs pluricentimétriques à pluridécimétriques avec des intercalations silteuses, elle offre des potentialités aquifères non négligeables dans les horizons altérés et fissurés. Limitée, au sud comme au nord, par l'aquitard de l'Eifelien, des communications entre ces unités hydrogéologiques ne sont néanmoins pas improbables.

IV.1.2.3. Aquifère des calcaires du Givetien

Les formations du Givetien de la Calestienne dans la région de Aye - Marche-en-Famenne sont à dominance carbonatée, de la Formation de Trois-Fontaines à la Formation de Fromelennes. Il s'agit de calcaires fins, parfois massifs, et généralement bien stratifiés. Quelques fines couches de shales et de schistes carbonatés s'intercalent dans les Formations de Terre d'Hours et Mont d'Hours.

Cette unité hydrogéologique présente une conductivité hydraulique et une porosité de fissures élevées, liées à la fracturation intense et à la karstification pouvant être localement importante. Les roches carbonatées du Givetien forment un important système aquifère où la circulation des eaux souterraines peut être localement réduite en présence des passées plus schisteuses.

IV.1.2.4. Aquiclude – Aquitard du Givetien

Cette unité hydrogéologique est représentée par le Membre de Flohimont de la Formation de Fromelennes. Bien que celui-ci n'ait pas été cartographié séparément sur la carte, il est important de signaler sa présence au sein de la formation. En effet, son faciès à dominance argileuse (calcaire argileux avec passées de shales et de schistes) peut lui faire jouer le rôle de seuil hydrogéologique.

IV.1.3. UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES DU DÉVONIEN SUPÉRIEUR

IV.1.3.1. Aquiclude du Frasnien

A la base du Frasnien, la Formation de Nismes et les Membres de Chalon et de l'Ermitage (Formation du Moulin Liénaux), à dominance argileuse ou schisteuse, constituent un seuil hydrogéologique formant la limite septentrionale de l'aquifère des calcaires du Givetien. Les membres de la Formation du Moulin Liénaux n'ayant pas été distingués lors du levé géologique, ils sont cartographiés ensemble sous le terme d'aquitard du Frasnien (cf. IV.1.3.2).

Cette unité hydrogéologique comprend aussi le Membre de Boussu de la Formation de Grands-Breux ainsi que le regroupement des Formations de Barvaux et des Valisettes essentiellement constitués de shales et de schistes.

IV.1.3.2. Aquitard du Frasnien

L'aquitard du Frasnien se compose des trois membres de la Formation du Moulin Liénaux, du Membre de Bieumont de la Formation des Grands-Breux et de la Formation de Neuville. Ces terrains sont formés de calcaires argileux, noduleux à subnoduleux, fins avec des intercalations argileuses (schistes et shales) leur conférant une conductivité hydraulique moyenne.

IV.1.3.3. Aquifère des calcaires du Frasnien

Sur la carte Aye - Marche-en-Famenne, plusieurs couches géologiques ont été définies en tant qu'aquifère des calcaires du Frasnien. Dans la bande de Durbuy-Philippeville (nord-ouest de la carte), ce sont les calcaires et dolomies de la Formation de Philippeville. En bordure septentrionale de la Calestienne, les biohermes⁴ de calcaire construit du Membre du Lion (Formation de Grands- Breux) constituent un aquifère localement intéressant. Les récifs de marbre rouge ou monticules micritiques des Formations de Neuville et Barvaux peuvent également constituer des aquifères d'intérêt local.

En général, les aquifères calcaires du Frasnien présentent des potentialités très intéressantes. Cependant, au droit de cette carte, elles sont réduites étant donné leur faible extension.

IV.1.3.4. Aquiclude du Famennien

En continuité géographique avec l'Aquiclude du Frasnien, l'aquiclude du Famennien est composé des shales, schistes fins et siltites des Formations de la Famenne et d'Aye. Ces formations sont également caractérisées par des intercalations gréseuses et calcaires mais de trop faible importance (bancs lenticulaires et nodules centimétriques) pour offrir des potentialités aquifères réellement intéressantes d'un point de vue régional.

IV.1.3.5. Aquitard du Famennien

Les Formations famenniennes de Souverain-Pré et d'Esneux constituent un niveau aquitard. Ces formations alternant les grès et grès micacés avec des niveaux schisteux et schisto-gréseux peuvent présenter des potentialités intéressantes mais locales, lorsque le degré d'altération et de fissuration le permet. La Formation de Souverain-Pré comprend de nombreux nodules calcaires. Ce seul niveau carbonaté parmi la série de terrains silto-gréseux du Famennien supérieur est souvent marqué par une ligne de sources et des zones plus marécageuses.

IV.1.3.6. Aquifère des grès du Famennien

L'aquifère des grès du Famennien est l'une des ressources en eaux souterraines importantes en Région Wallonne. Ces nappes, généralement libres, localisées dans les formations gréseuses localement altérées en sable par la paléoaltération post-hercynienne et souvent fortement fissurées en profondeur, sont très peu présentes sur la carte Aye - Marche-en-Famenne. Cette unité hydrogéologique n'est représentée que par la Formation de Ciney.

⁴ Masse de calcaire édifiée par des organismes constructeurs (en général des coraux) restés le plus souvent en position de vie. Le bioherme a une forme de lentille épaisse et indépendante de la stratification des couches avoisinantes (Foucault et Raoult, 1995).

Les sables d'altération procurent au réservoir une importante porosité de pores combinée, en raison de la fracturation des grès sous-jacents, à une porosité de fissures qui engendre une perméabilité intéressante pour drainer l'eau logée dans les pores. La nature sableuse de l'altération superficielle confère à ces aquifères une bonne capacité de filtration garantissant une eau de qualité.

IV.1.4. UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES DU QUATERNAIRE

IV.1.4.1. Aquifère des terrasses fluviales

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

IV.1.4.2. Aquitard limoneux (non cartographié)

Bien que non cartographiés sur la carte géologique, les limons participent au contexte hydrogéologique d'une région. Ces dépôts éoliens, épais de quelques décimètres à quelques mètres, jouent un rôle protecteur lors de l'infiltration des eaux météoriques : infiltration retardée dans le temps et effet de filtration notamment du point de vue bactériologique. Cependant, cette couverture limoneuse n'est pas uniforme sur l'ensemble de la carte.

IV.1.4.3. Aquifère alluvial

Les alluvions, composées principalement de sables et de graviers roulés, offrent des potentialités aquifères intéressantes, si leur extension le permet. Leur conductivité hydraulique est fonction de leur granulométrie. Les zones sablo-graveleuses conduiront bien mieux l'eau que les zones limono-argileuses. Ces sédiments peuvent donc former des aquifères locaux. Ce type de nappe est alimenté par les eaux pluviales (alimentation qui peut être localement réduite par une imperméabilisation due aux activités urbaines), par les nappes sises dans les versants, ainsi que par la nappe du bedrock sous-jacent, le niveau piézométrique de cette dernière étant souvent légèrement supérieur à celui de la nappe alluviale. D'autre part, on peut supposer un flux entre la nappe et la rivière lorsqu'elle n'est pas canalisée par des murs imperméables.

IV.1.4.4. Nappe des remblais

Par remblais, on entend des dépôts de matériaux « inertes » divers (argile, gravier, sable, matériaux de construction) mais aussi déchets. Dans ces dépôts anthropiques, de

petites zones saturées, souvent temporaires, peuvent se créer. Lorsque ces remblais sont saturés, le terme « nappe » est utilisé pour bien faire la distinction entre les aquifères, aquitards, aquicludes « naturels ». Cette nappe des remblais est, en effet, issue d'un remaniement de terrain. Ces dépôts sont relativement abondants sur la carte Aye - Marche-en-Famenne mais de faible extension.

IV.2. PHÉNOMÈNES KARSTIQUES

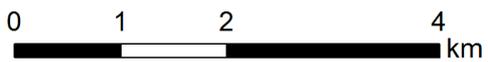
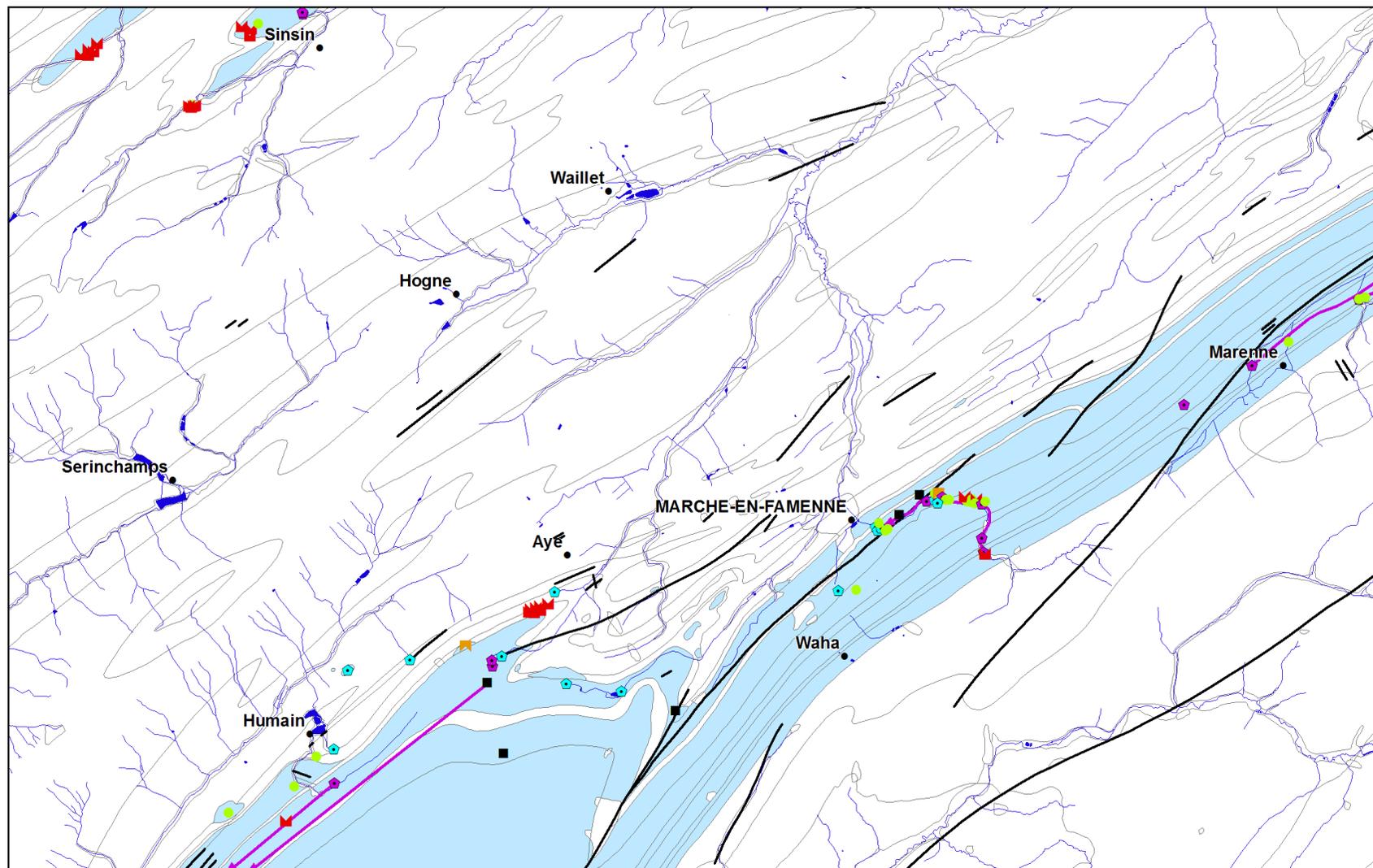
IV.2.1. AVANT-PROPOS

Les calcaires dévoniens et carbonifères présents dans la région de Aye - Marche-en-Famenne sont, comme la plupart des formations carbonatées rencontrées en Wallonie, plus ou moins fortement karstifiés. En effet, l'intense fracturation de ces roches, liée au plissement varisque, et la forte solubilité des minéraux (carbonates) qui les constituent, permettent la formation de réseaux de pertes, de dolines et de cavités souterraines au développement parfois plurikilométrique (Figure IV.3).

Les massifs calcaires affectés par ces phénomènes karstiques présentent généralement des perméabilités de fissures assez élevées qui permettent d'y exploiter d'importants volumes d'eau en vue d'une distribution publique. Néanmoins, ces aquifères sont d'une grande vulnérabilité face aux pollutions, quelles qu'en soient les origines. En effet, malgré le rôle de filtre joué par la mince couverture cénozoïque, des 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.

Pour la plupart, les phénomènes karstiques rencontrés (De Broyer et al., 2002 ; Michel et Thys, 2015) se développent dans les calcaires givetiens de la Calestienne ; ceux-ci sont les premiers niveaux calcaires traversés par les eaux venant du plateau ardennais situé juste au sud. Ces dernières sont rendues très acides et très agressives, à la suite de leur cheminement à travers des roches essentiellement gréseuses et majoritairement couvertes de forêts. Cette activité karstique se manifeste particulièrement sur quatre sites de la carte Aye - Marche-en-Famenne (Figure IV.3), à savoir :

- Sous le plateau du Gerny, entre les localités d'Humain et Waha ;
- Au lieu-dit « Fond des Vaultx » au sud de la ville de Marche-en-Famenne ;
- Aux environs de la localité de Marenne ;
- Au nord du village de Sinsin.



- | | | | | | |
|---|------------|---|-------------------|---|--|
|  | Perte |  | Cavité |  | Ecoulement karstique reconnu par traçage |
|  | Résurgence |  | Abri sous roche |  | Faïlle |
|  | Doline |  | Autre (puits,...) |  | Formations carbonatées |

Figure IV.3 : Ensemble des phénomènes karstiques recensés sur la carte Aye - Marche-en-Famenne (d'après De Broyer et al., 2002 ; Michel et Thys, 2015).

IV.2.2. PHÉNOMÈNES KARSTIQUES DU PLATEAU DU GERNY

Le plateau du Gerny est composé de bandes calcaro-schisteuses frasnienne et de calcaires givetiens. Les sites répertoriés sont en majorité des résurgences situées en bordure du plateau, des pertes partielles dans le lit des ruisseaux lorsque ceux-ci traversent une bande calcaire, ou des dolines de petites tailles liées à un soutirage local (Figure IV.4). Il a été prouvé (par traçage) que le plateau du Gerny est traversé par certaines circulations d'eaux souterraines ; cependant celles-ci sont très profondes (plafond d'au moins 50 m de calcaire sain) et ne sont pas à même de former des phénomènes karstiques en surface ou de présenter une quelconque contrainte pour l'aménagement du territoire (Michel et Thys, 2015).

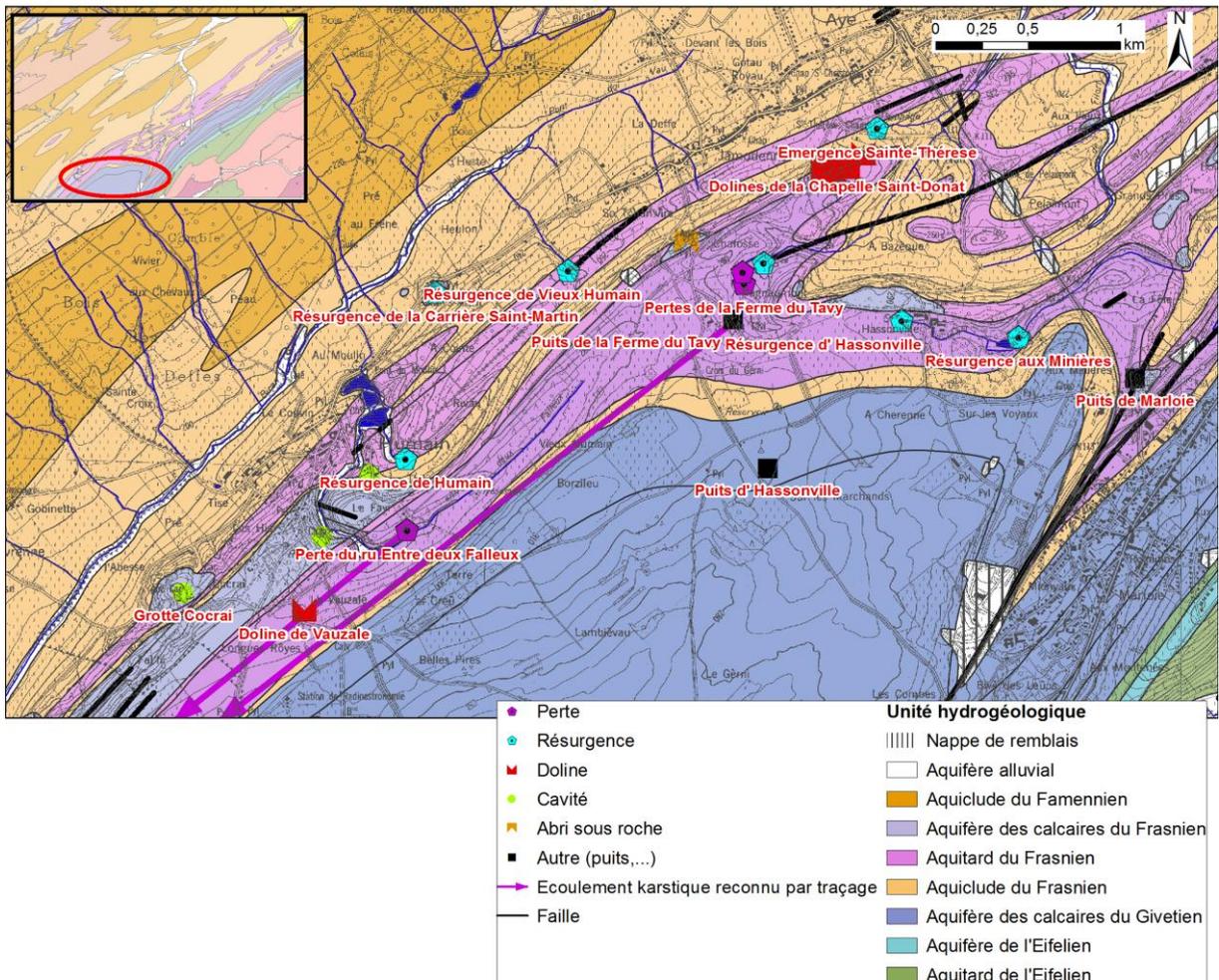


Figure IV.4 : Situation des phénomènes karstiques répertoriés dans le plateau du Gerny sur la carte Aye - Marche-en-Famenne

IV.2.3. PHÉNOMÈNES KARSTIQUES DU « FOND DES VAULX » À MARCHE-EN-FAMENNE

La zone étudiée (Figure IV.5) englobe tout le vallon sec qui caractérise la réserve du « Fond des Vaulx » depuis le chanoir Amont (chanoir d'Agrismont au Tier de la Mairesse), jusqu'à la résurgence en bordure du chemin de fer (Résurgence Nerette). La circulation d'eau souterraine y présente un débit important et elle est à l'origine d'une dissolution assez

intense du calcaire comme le démontrent les cavités qui s'alignent sur son parcours ainsi que les dolines et les gouffres d'effondrement (Figure IV.3). Le parcours du ruisseau de la Marchette est tantôt à l'air libre, tantôt souterrain selon le substratum rencontré. Il disparaît dès son entrée sur les calcaires (chantoir d'Agrismont). La rivière souterraine reparaît (au contact des schistes intercalés dans les calcaires des Formations de Mont d'Haur et de Fromelennes) et se reperd partiellement en divers endroits dans le fond du vallon calcaire jusqu'à la perte principale de la Marchette où il disparaît totalement jusqu'à la résurgence du Lavoir (Figure IV.5). Au niveau de l'étang Albert, on peut observer une émergence amenant l'eau ainsi qu'une perte sous lacustre en tête du plan d'eau. Les eaux qui s'y engouffrent rejoignent la circulation souterraine principale.

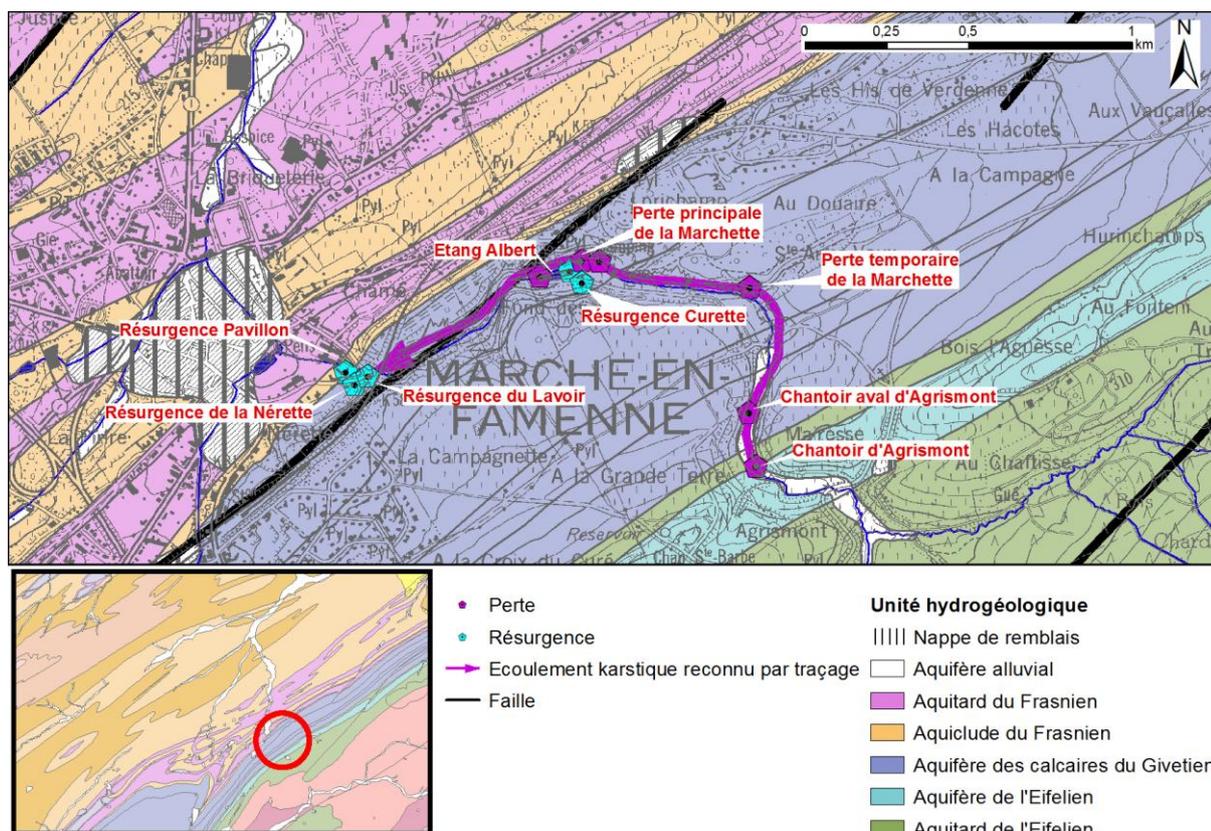


Figure IV.5 : Pertes, résurgences et écoulement souterrain au « Fond des Vaux » à Marche-en-Famenne

IV.2.4. PHÉNOMÈNES KARSTIQUES AUX ENVIRONS DE MARENNE

Entre les villages de Menil-Favay et jusqu'à Hotton (sur la carte 55/5-6, Figure IV.6), à la base des calcaires givetiens (Formation de Trois-Fontaines), un réseau met en contact deux chantoirs : le Trou du Souci et le Trou du Moulin (à Marenne). Un traçage réalisé par l'Union Belge de Spéléologie en 2001 a montré que ceux-ci sont en liaison avec la grotte de Hotton, en passant par la Grotte de Magnî (à l'est-nord-est de Marenne). Ce réseau est isolé de celui situé plus au nord par la Faille de Marenne, qui a joué le rôle de barrière par les déplacements qu'elle induit à cet endroit. Deux barrières schisteuses, épaisses de plusieurs mètres, pourraient engendrer des aquifères isolés au sein des calcaires givetiens ; l'une

constitue la base de la Formation de Fromelennes (Membre de Flohimont) et l'autre, se situe soit dans la Formation de Terre d'Hours, soit à la base de la Formation de Mont d'Hours (Barchy et Marion, 2014).

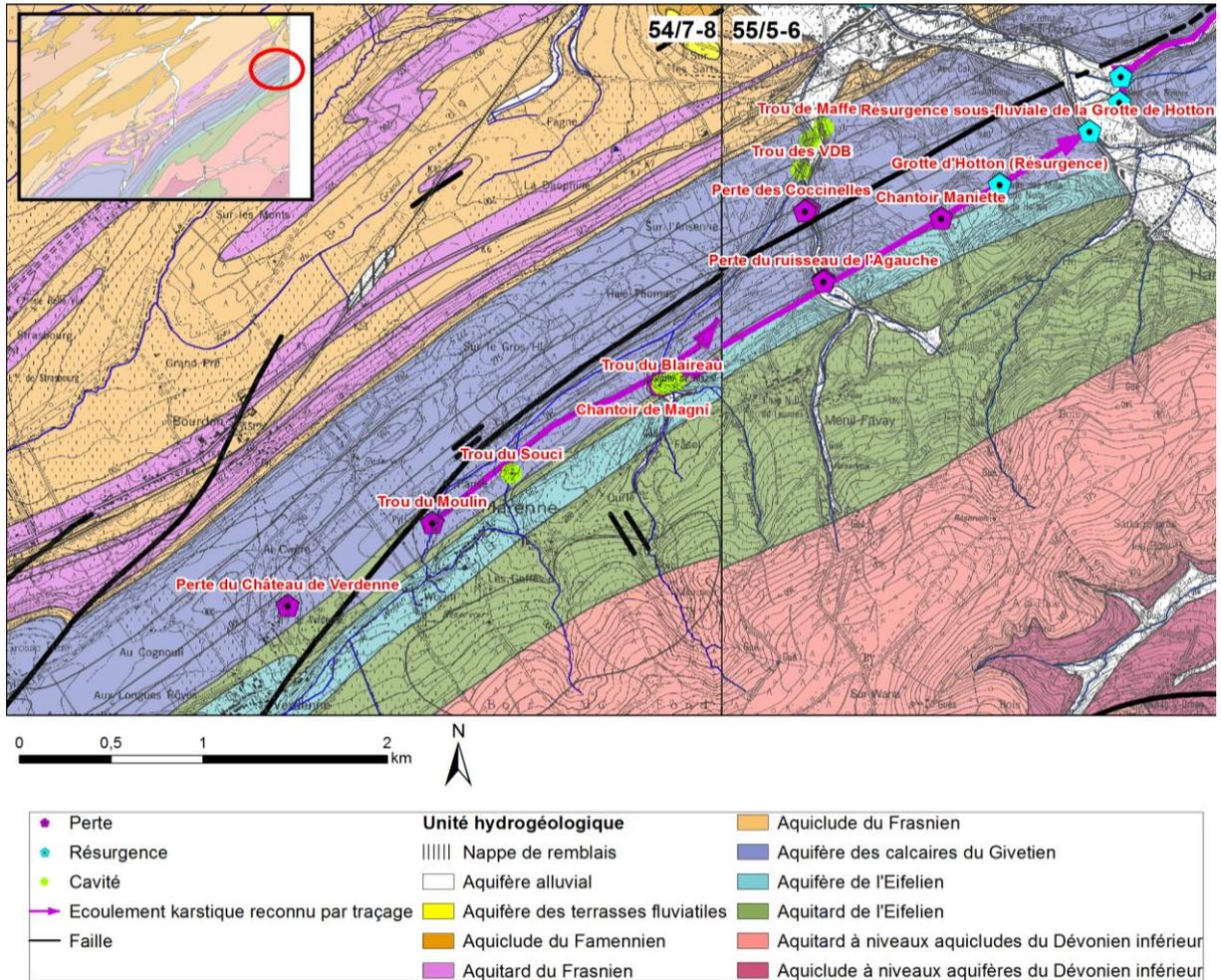


Figure IV.6 : Situation des phénomènes karstiques répertoriés aux environs de la localité de Marenne

IV.2.5. PHÉNOMÈNES KARSTIQUES DE L'ANTICLINAL DE SINSIN

Le karst affecte à Sinsin un anticlinal calcaire, d'âge frasnien, très pincé. Le calcaire occupant plutôt des fonds de vallées, des ruisseaux provenant des terrains schisteux (famenniens) viennent s'y écouler. Au contact avec la roche calcaire perméable, ces ruisseaux se perdent totalement ou partiellement. Le chantoir principal, le Trou du Sommier, est pénétrable sur quelques mètres. Sa désobstruction est rendue difficile par les nombreux sédiments que charrie le ruisseau et qui rebouchent systématiquement les conduits karstiques. Les écoulements souterrains qui en résultent sont à l'origine de la formation de certaines des dolines d'effondrement qui peuvent être observées dans cette zone (Figure IV.7).

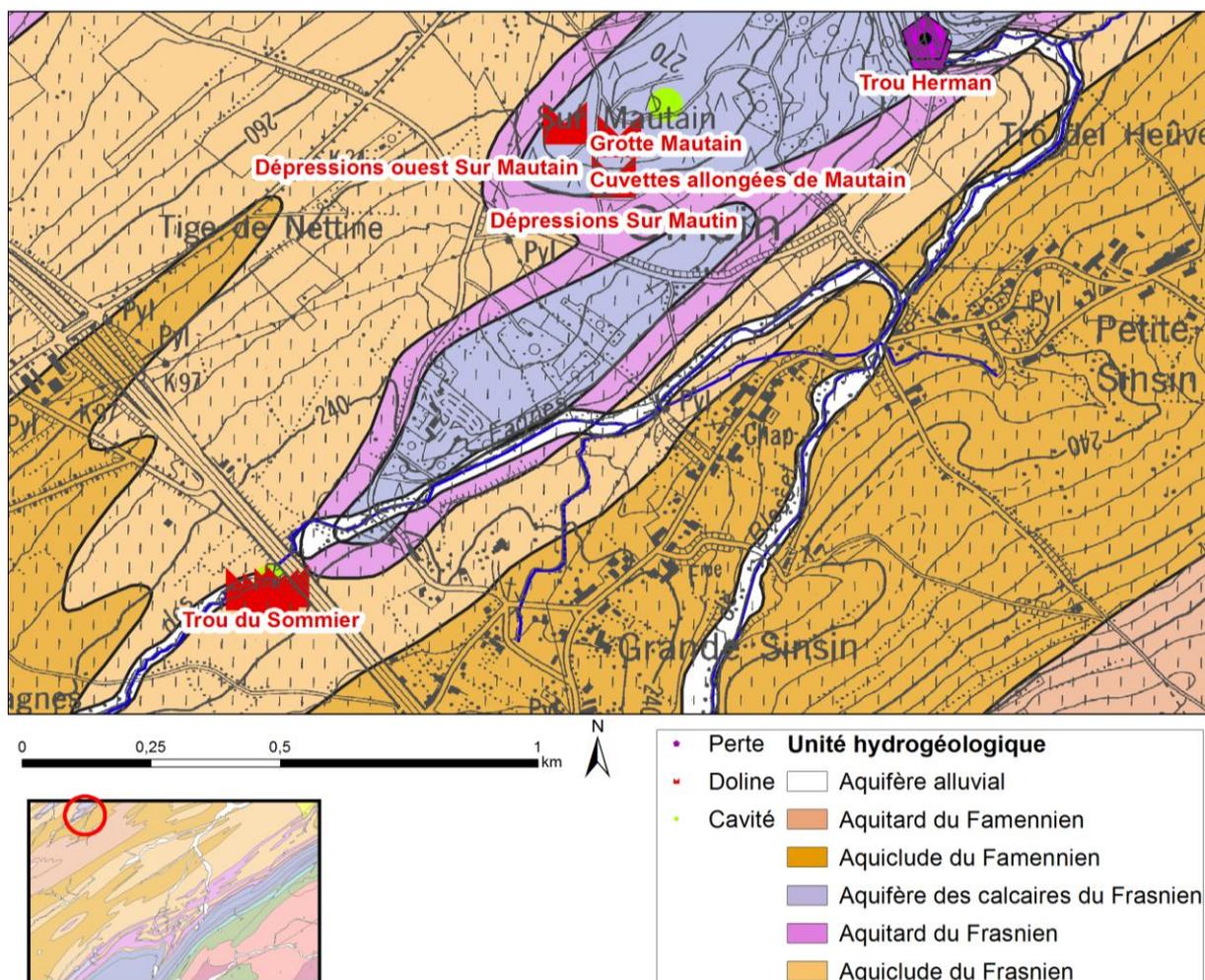


Figure IV.7 : Principaux phénomènes karstiques de l'anticlinal de Sinsin

IV.3. DESCRIPTION DE L'HYDROGÉOLOGIE DE LA CARTE

Sur la carte Aye - Marche-en-Famenne, plusieurs entités hydrogéologiques peuvent être distinguées. Elles sont fortement influencées par le contexte litho-structural de la région. Du nord-ouest au sud-est, on observe (Figure IV.8) :

- l'unité anticlinale Durbuy-Philippeville ;
- la transition Condroz-Famenne ;
- la dépression de la Famenne ;
- le plateau de la Calestienne avec le plateau du Gerny ;
- la crête développée sur la Formation de Lomme ;
- le contrefort de l'Ardenne.

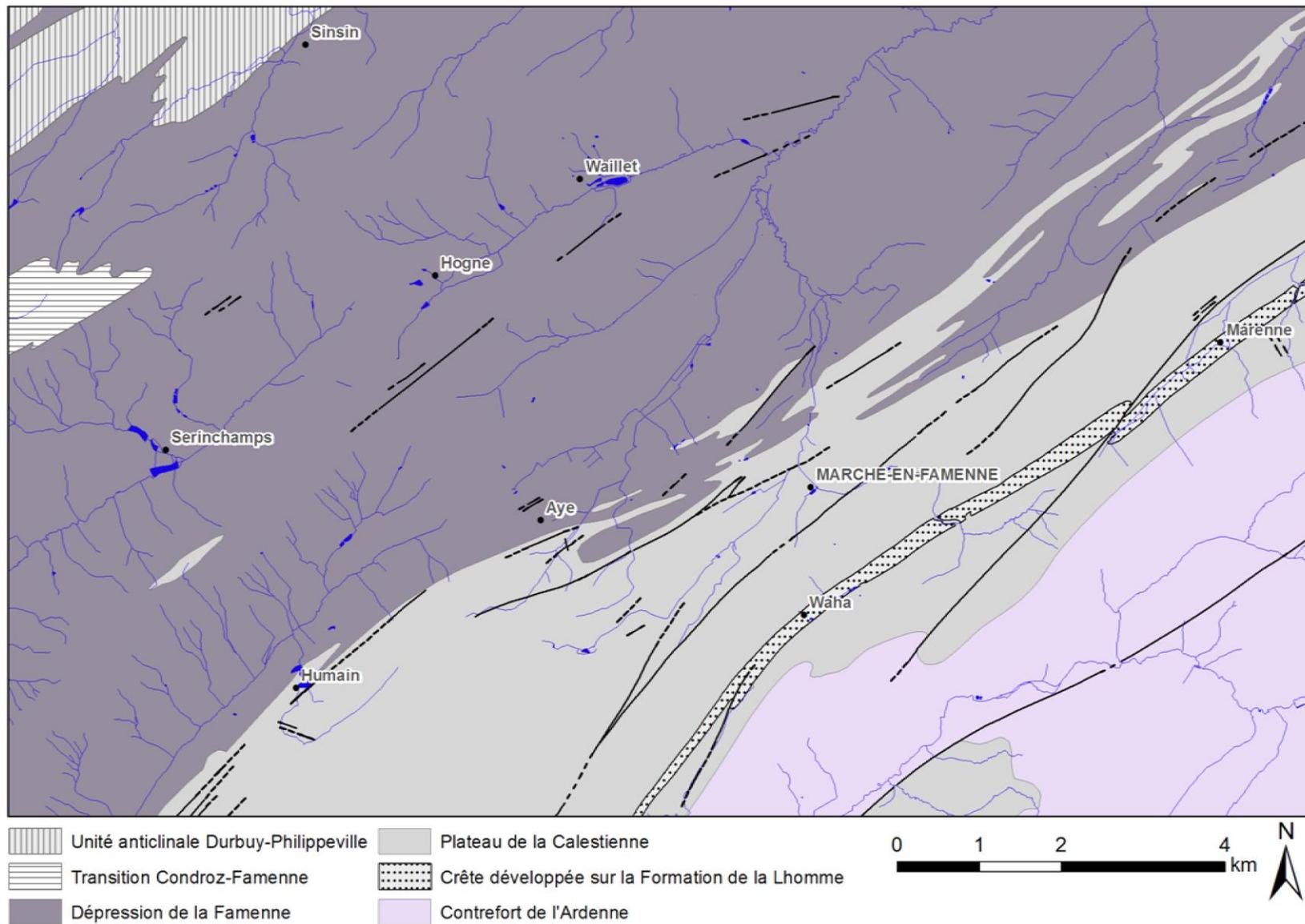


Figure IV.8 : Entités hydrogéologiques de la carte Aye - Marche-en-Famenne

IV.3.1. UNITE ANTICLINALE DURBUY-PHILIPPEVILLE

Située dans le nord-ouest de la carte, l'unité anticlinale Durbuy-Philippeville est constituée, d'un point de vue hydrogéologique, par l'aquifère des calcaires du Frasnien (composé, ici, par les calcaires et dolomies de la Formation de Philippeville). Cet aquifère karstifié et de fissures est ceinturé par les formations détritiques peu perméables du Frasnien. De par sa nature karstique, cet aquifère est relativement vulnérable aux pollutions diverses. Les ruisseaux de l'Abîme (Jannée) et des Fagnes (Sinsin) sont parcourus de plusieurs pertes, constituant autant de liens directs entre les eaux de surface et les eaux souterraines.

Sur la carte Aye - Marche-en-Famenne, cette entité hydrogéologique occupe une très petite surface (3,8 km², soit environ 2 % de la superficie de la carte). Etant donné l'absence de puits et de piézomètres, aucune donnée sur les niveaux d'eau n'est disponible, on peut cependant supposer d'importantes variations saisonnières de la piézométrie vu la perméabilité élevée des terrains rencontrés.

IV.3.2. TRANSITION CONDROZ-FAMENNE

L'aquifère des grès Famennien occupe le cœur du synclinal bordé par l'aquitard silto-gréseux du Famennien, principale unité hydrogéologique de la zone de transition Condroz-Famenne. Ce système constitue l'extrémité orientale de la zone silto-gréseuse de Custinne-Chevetogne-Haversin définie sur la carte hydrogéologique Achêne – Leignon (*Nogarède et al., 2007*). Les réserves en eaux souterraines contenues dans le sous-sol de cette zone sont drainées par un réseau hydrographique relativement dense soit directement sous forme de sources, soit de manière diffuse. Plusieurs ruisseaux prennent leur source au niveau de l'aquitard du Famennien. Sur la carte topographique, on y constate de nombreuses zones marécageuses.

IV.3.3. DÉPRESSION DE LA FAMENNE

La dépression de la Famenne, largement dominée par des lithologies argileuses à silto-gréseuses structurées en séries plissées, est caractérisée par des conductivités hydrauliques assez faibles (*Gesels et al., 2014*). Toutefois, il existe des potentialités aquifères localisées dans les horizons plus gréseux, dans les niveaux de calcaires argileux ainsi que dans les lentilles calcaires.

Cette dépression occupe la majeure partie de la carte, elle appartient au bassin hydrographique de l'Ourthe et au bassin de la Lesse. Vers le nord, elle est drainée par la Marchette et ses affluents (Eau du Pont, Ridenne, Ri des Champs, la Naive et l'Heure via Abîme et Blesset). Vers le sud-ouest, ce sont le Vachau et le Biran qui récoltent les eaux de surface, avant de rejoindre la Lesse. Le réseau hydrographique est orienté majoritairement

NE-SO et est principalement développé au droit de l'Aquiclude du Frasnien. Quelques ruisseaux (ou tronçons de ruisseaux) s'écoulent selon une direction sud-nord.

D'un point de vue hydrogéologique, on distingue deux types de nappes dans ces terrains à dominance schisto-silteuse: la nappe d'altération du sommet sous la pénéplaine et la nappe de fissures sous-jacentes.

L'importance de la première est liée au taux d'altération différentielle des schistes, des siltites ainsi que des grès et quartzites (minoritaires dans cette zone). Les grès et quartzites s'altérant en sables peuvent contenir un aquifère intéressant. Par contre, les schistes, qui s'altèrent en argile, sont peu perméables. Sur ces terrains pénéplanés, l'épaisseur de cette frange altérée peut varier de quelques mètres à une vingtaine de mètres.

La seconde est due à la phase tectonique hercynienne induisant un taux de fissuration élevé, particulièrement intéressant dans les niveaux gréseux et quartzitiques et dans une moindre mesure dans les horizons silteux, moins perméables. Le rôle des failles est sans doute non négligeable surtout lorsque celles-ci affectent les passées plus gréseuses. Elles permettent alors de stocker et/ou drainer des quantités d'eau importantes.

Des niveaux piézométriques ont pu être mesurés dans plusieurs puits (voir carte hydrogéologique principale). Environ 80 % des ouvrages visités sont des puits forés, dont la profondeur est comprise entre 30 et 190 m. Les autres ouvrages sont des puits traditionnels, peu profonds (3 à 9 m) et de large diamètre (de l'ordre du mètre).

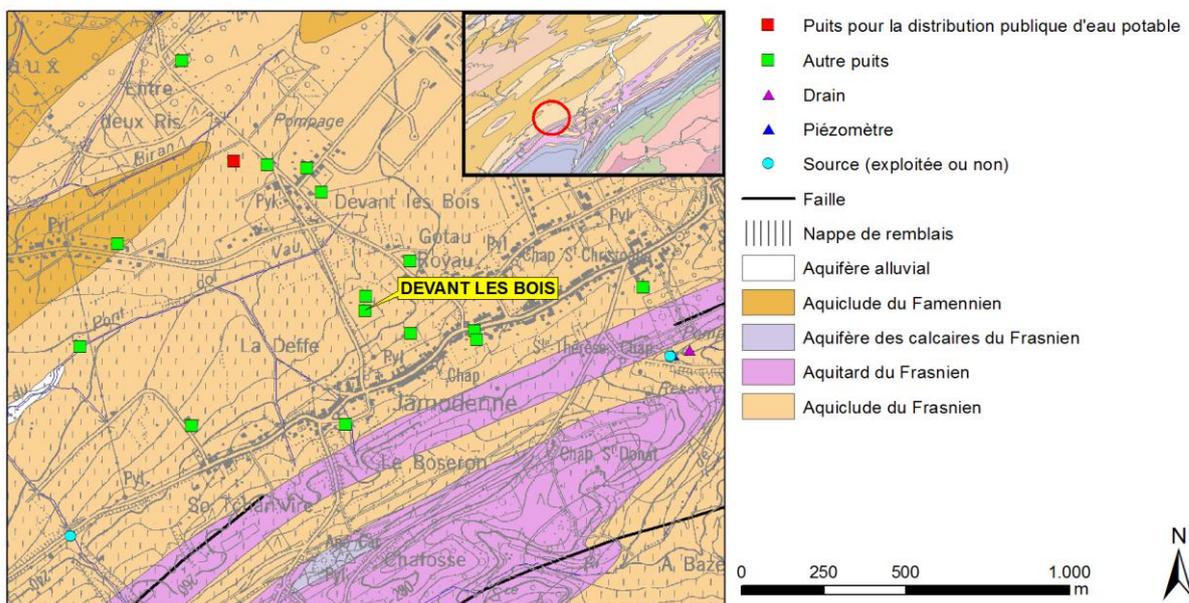


Figure IV.9 : Situation du puits « DEVANT LES BOIS » aux environs d'Aye

Ces derniers puits exploitent la nappe du manteau d'altération. Les profondeurs d'eau relevées dans la région de Marche-en-Famenne sont faibles (quelques décimètres). Par exemple, les niveaux d'eau mesurés en décembre 2005 aux puits « DEVANT LES BOIS » (Figure IV.9, 3 m de profondeur) et « Puits GEORGIN » (Figure IV.10, 6 m de profondeur)

sont respectivement de 1,2 m et 0,6 m par rapport au sol, soit des cotes altimétriques respectivement à 235,8 m et 217,4 m.

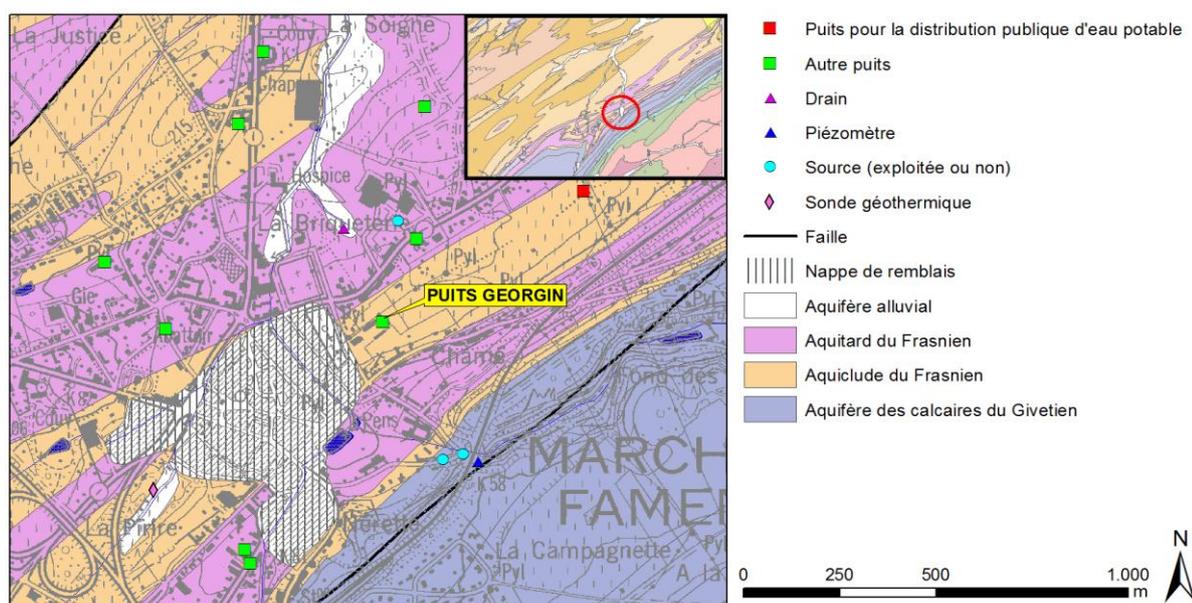


Figure IV.10 : Situation du « Puits Georgin » au nord-ouest de Marche-en-Famenne

Au droit des puits forés, la plupart des mesures piézométriques montrent également des niveaux d'eau à faible profondeur (un mètre à une dizaine de mètres). Quelques puits présentent cependant des niveaux d'eau plus profonds (entre 20 et 60 m). On dispose de peu de données au droit de ces ouvrages permettant de préciser la nature des terrains rencontrés (horizons plus gréseux, lentilles calcaires, présence de failles...). Les quelques logs de forage disponibles montrent que les puits sont forés dans des schistes altérés et ensuite dans des schistes et siltites fissurés. Néanmoins, il est probable que des puits recoupent des nodules calcaires, des calcaires argileux ou encore des niveaux intercalaires de grès, horizons plus aquifères que leur environnement. De plus, l'historique des données étant bref et ne connaissant pas avec précision les conditions de mesure (niveau stabilisé ou niveau dynamique), l'interprétation des données est rendue délicate.

Ainsi, généralement, la nappe logée dans le manteau superficiel est subaffleurante et on peut considérer que sa surface piézométrique est plus ou moins parallèle à la surface topographique. Le niveau piézométrique de la nappe logée dans les horizons gréseux fracturés est, en général, plus profond. Cependant, ponctuellement, selon les conditions hydrogéologiques locales, le niveau d'eau dans un puits peut être assez proche du sol, si le forage a recoupé un ou des horizons aquifères mis sous pression par les terrains surincombants.

Le **Tableau IV.3** reprend quelques mesures piézométriques au droit de quatre de ces puits forés (**Figure IV.11**).

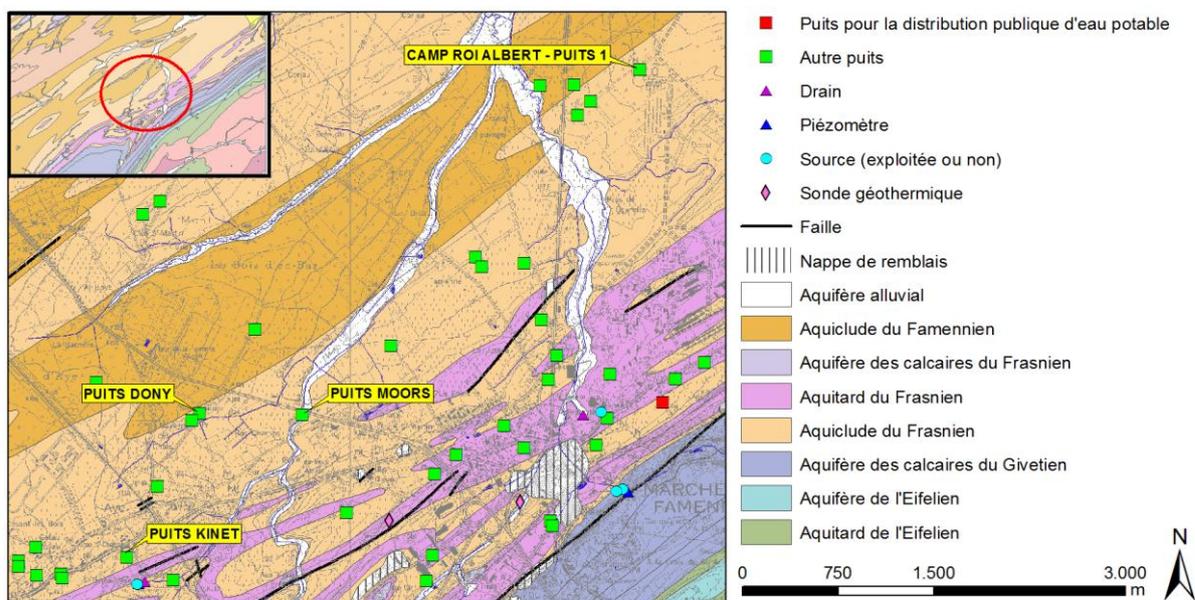


Figure IV.11 : Situation des puits forés ayant fait l'objet de mesures piézométriques dans la dépression de la Famenne

Tableau IV.3 : Synthèse des mesures piézométriques réalisées dans les puits forés de la dépression de la Famenne

Ouvrage	Profondeur (m)	Date	Niveau piézométrique (m)	Cote piézométrique (m)
PUITS MOORS	85	09/12/2005	6,3	196,5
CAMP ROI ALBERT – PUIITS 1	60	19/01/2006	4,4	198,3
PUITS KINET	140	02/12/2005	59,9	193
PUITS DONY	65	08/12/2005	39,4	170

Le sens des écoulements souterrains naturels est quant à lui imposé par le relief et le réseau hydrographique, les bassins hydrographiques et hydrogéologiques étant donc a priori bien concordants (*Brouyère et al., 2009*).

IV.3.4. CALESTIENNE ET PLATEAU DU GERNY

IV.3.4.1. Calestienne

La Calestienne est une bande essentiellement calcaire ou calcaro-schisteuse constituée par les formations du Givetien et du Frasnien inférieur. Cette zone régulière et rectiligne, de direction NE-SO, présente une largeur globale variant entre 600 et 1600 m. Une structure anticlinale transverse peut cependant lui donner une extension plus grande, comme le plateau du Gerny. Cette bande est le siège de plusieurs phénomènes karstiques qui ont été décrits précédemment (*voir IV.2 Phénomènes karstiques*).

La Calestienne est régulièrement et profondément entaillée par des vallées encaissées parcourues par les cours d'eau qui drainent les terrains schisto-gréseux du Massif ardennais du sud vers le nord en direction de la dépression de la Famenne. Lorsqu'ils recoupent les bandes aquifères carbonatées, ces cours d'eau assurent généralement un drainage efficace des nappes d'eau souterraine qu'elles contiennent, y induisant de ce fait un rabattement souvent important de la surface piézométrique par rapport à la surface du

sol. L'écoulement de ces nappes se fait alors préférentiellement selon la direction des couches géologiques et vers ces cours d'eau.

Lorsque le drainage par le réseau hydrographique des nappes contenues dans les niveaux aquifères carbonatés n'est pas suffisant, celles-ci se déversent ponctuellement (sources) ou de manière diffuse (déversement de la nappe) vers le nord au contact des shales et schistes de la dépression de la Famenne. Ces derniers jouent alors un rôle de seuil hydrogéologique (*Brouyère et al., 2009*).

Les aquifères calcaires de la Calestienne sont caractérisés par une importante porosité de fissures liée à la fracturation de la roche. Cette porosité de fissures est associée à une karstification globalement importante et ce sur toute l'extension ouest-est de cette bande de terrains carbonatés. Les perméabilités élevées qui en découlent permettent d'y exploiter d'importants volumes d'eau souterraine. Cependant, l'intense karstification qui affecte ces calcaires leur confère également une grande vulnérabilité aux contaminations anthropiques de surface (agricoles, domestiques, accidentelles,...) étant donnés les infiltrations plus importantes des écoulements superficiels (ruissellement et cours d'eau).

Malgré l'abondance de la ressource en eau souterraine, on compte peu d'ouvrages implantés dans cette zone sur la carte Aye - Marche-en-Famenne. Il n'y a donc que peu de mesures piézométriques ponctuelles reportées sur la carte principale.

Les niveaux piézométriques mesurés et les divers essais de pompage effectués au droit du puits de captage « PUIITS BOURDON-AIEC » et du forage de reconnaissance « F1-Marenne » (*Figure IV.12*) montrent que l'aquifère des calcaires du Givetien est compartimenté. En effet, les cotes piézométriques mesurées en juillet 1996 sont de 233,6 m pour le « PUIITS BOURDON-AIEC » (niveau d'eau à eau à 41,7 m) et 212,5 m pour « F1-Marenne » (eau à 32,2 m). Le niveau d'eau au captage est au moins 20 m plus haut que le niveau d'eau au droit de la carrière de Marenne. De plus, lors des essais de pompage réalisés sur « F1-Marenne », aucune influence n'a été constatée sur le puits Bourdon. Ces observations semblent montrer l'existence d'une barrière très peu perméable séparant les deux forages. Cet horizon est composé par les calcaires argileux de la base de la Formation de Mont d'Hairs et les shales carbonatés de la Formation des Terres d'Hairs. Afin de préserver le puits Bourdon (distribution publique d'eau potable) de toute pollution et influence de la carrière, il est important que la fosse de la carrière ne descende pas sous le niveau piézométrique de la nappe « nord » (puits Bourdon).

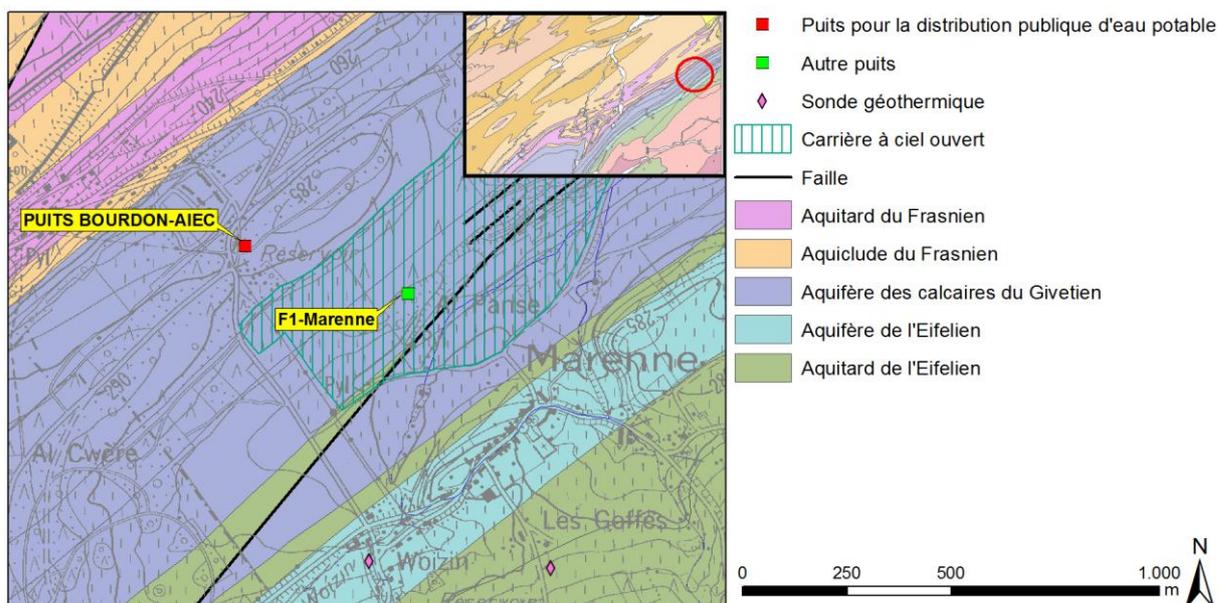


Figure IV.12 : Situation du « Puits Bourdon-AIEC » et du forage « F1-Marenne »

IV.3.4.2. Plateau du Gerny

Bien que faisant intégralement partie de la Calestienne, il semblait important de consacrer un paragraphe particulier à l'hydrogéologie du plateau du Gerny. Cette région a été largement étudiée, notamment en raison de l'exploitation de ses ressources minérales et de ses ressources en eaux souterraines.

Ce vaste plateau, de 8 km de longueur et jusqu'à 4 km de large, culminant à environ 300 m d'altitude, n'est parcouru par aucun cours d'eau. D'après la géomorphologie régionale et la structure géologique, le plateau du Gerny devrait être drainé principalement vers le sud par la Lomme et la source de trop plein de Tridaine situées sur la carte 59/3-4 Rochefort – Nassogne (Bonniver *et al.*, 2013). Le Biran, ruisseau longeant le plateau sur son flanc occidental ne semble pas participer au drainage de la nappe. En effet, il est séparé du plateau par une barrière schisteuse (schistes et shales de la Formation Nismes et calcschistes de la Formation de Moulin Liénaux).

Bien que la nappe logée dans les calcaires givetiens du plateau du Gerny représente un réservoir d'eau souterraine important, elle est peu exploitée au droit de la carte Aye - Marche-en-Famenne. Toutefois, dans le cadre du projet Synclin'Eau (Brouyère *et al.*, 2009), le piézomètre « Forage FUNDP 8 Gerny » profond de 80 m a été foré au droit du plateau du Gerny (Figure IV.13). Ce puits fait aujourd'hui partie du réseau piézométrique de la Direction des Eaux souterraines du SPW et enregistre quotidiennement le niveau piézométrique depuis 2011 (Figure IV.14). L'évolution piézométrique de 2011 à 2016 montre d'importantes variations saisonnières avec une amplitude pouvant atteindre 40 m, preuve de la grande perméabilité des calcaires givetiens. La période de basses eaux se situe en octobre-novembre et la période de hautes eaux en janvier-février.

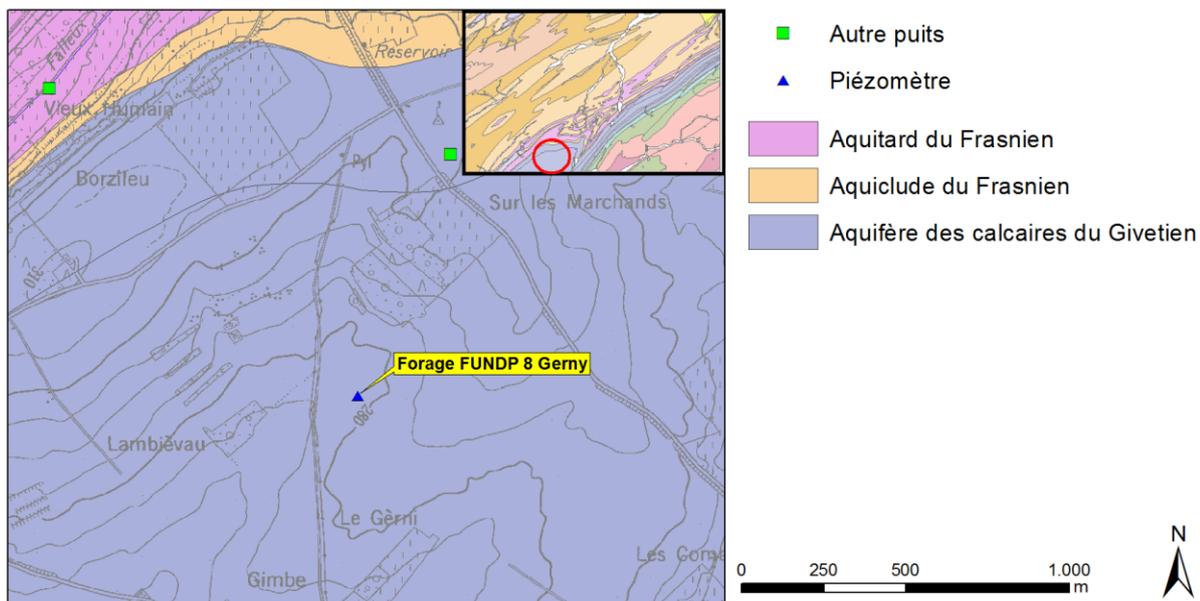


Figure IV.13 : Situation du piézomètre « Forage FUNDP 8 Gerny » dans le plateau du Gerny

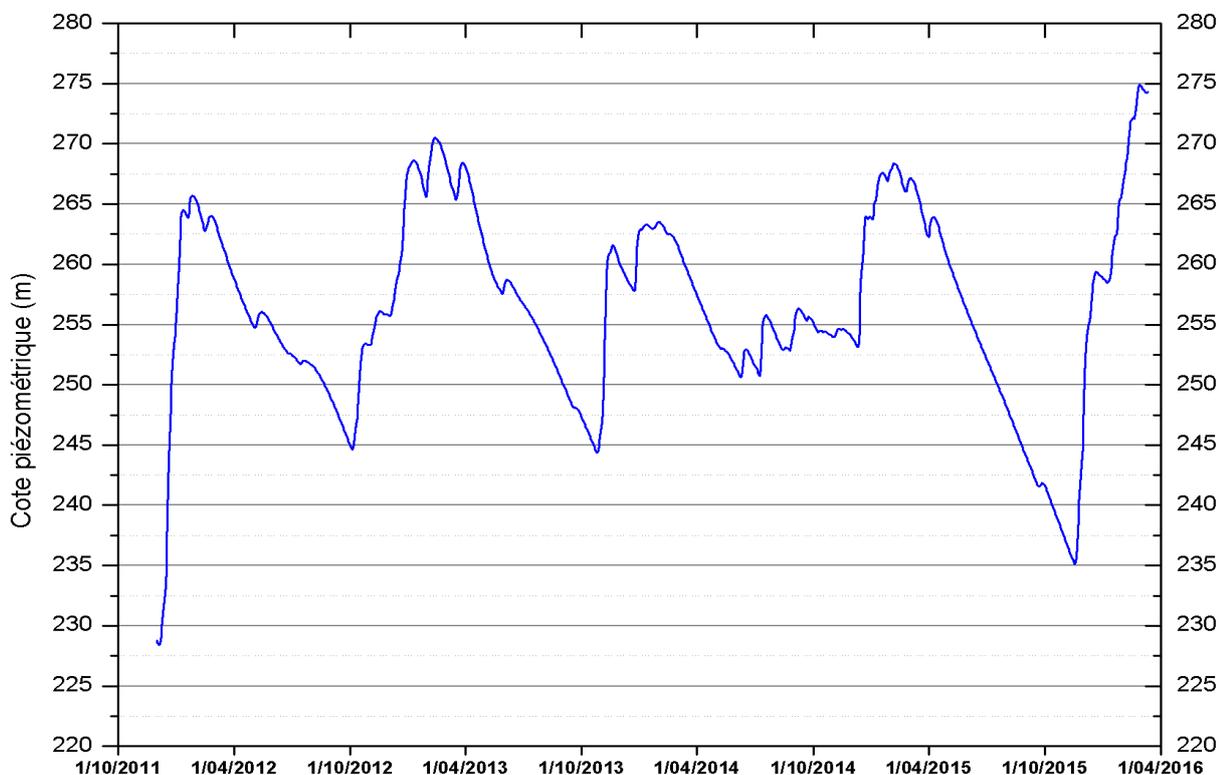


Figure IV.14 : Evolution piézométrique du « Forage FUNDP 8 Gerny » ($Z_{réf.}$ 277 m) de 2011 à 2016

IV.3.5. CRÊTE DÉVELOPPÉE SUR LA FORMATION DE LOMME

Des grès, parfois carbonatés, constituent la lithologie dominante de la Formation de la Lomme. On y observe également des horizons de calcaires argilo-gréseux, de grès argileux et de siltites. Cette formation affleure en une bande orientée NE-SO et dont la largeur ne dépasse pas 300 m. Deux types de nappe peuvent être rencontrés dans ces terrains : **(1) Une nappe superficielle** développée dans le manteau d'altération. Son importance est directement liée au taux d'altération différentielle de la roche-mère. Les grès

s'altérant en sables peuvent contenir un aquifère intéressant. Par contre, les siltites qui s'altèrent en argile sont pratiquement imperméables. Les réserves de ces nappes superficielles sont variables et soumises aux variations climatiques. De plus l'eau qu'elles renferment est particulièrement sensible aux influences de l'activité anthropique en surface.

(2) Une nappe plus profonde logée dans les fissures et fractures de la roche. L'importance de cet aquifère sous-jacent est liée au degré de fissuration de la roche. Si leur remplissage est perméable, le rôle des failles est notoire car elles sont capables de drainer des quantités importantes d'eau logée dans la zone d'altération du socle. C'est généralement le cas dans les formations gréseuses. Par contre, dans des terrains silteux, le remplissage des failles est souvent argileux ce qui leur confère un rôle d'écran ou de seuil hydrogéologique. Les failles peuvent aussi compartimenter l'aquifère en mettant en contact des couches de lithologie différente.

Aucune mesure piézométrique n'a été réalisée dans cette entité hydrogéologique de l'Eifelien étant donné l'absence d'ouvrages (puits, forages...). Des investigations de terrains, tant des campagnes de prospection géophysique que des forages et essais hydrogéologiques, permettraient de mieux définir les potentialités aquifères de cette zone.

IV.3.6. CONTREFORT DE L'ARDENNE

Les formations géologiques constituant la zone de transition avec l'Ardenne, en bordure méridionale du Synclinorium de Dinant, appartiennent aux étages de l'Eifelien et de l'Emsien. Les unités hydrogéologiques concernées sont :

- l'aquitard de l'Eifelien, composé de shales et de schistes à ciment carbonaté. Des bancs de grès calcaires et argilo-calcaires ainsi que des lentilles de calcaires y sont observés ;
- l'aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur composé de grès fins à grossiers en bancs alternant avec des niveaux de siltites. Des niveaux conglomératiques et de siltites gréseuses sont aussi observés ;
- l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur composé essentiellement de schistes et de siltites avec quelques niveaux lenticulaires de grès.

Deux types de nappes peuvent se rencontrer dans ces terrains : **(1) Une nappe superficielle** (nappe libre) développée dans le manteau d'altération. Cet aquifère est généralement de faible capacité et temporaire ; il est rechargé par les importantes précipitations automnales et hivernales. Durant les périodes sèches, il se vide via les sources et le réseau hydrographique et peut finir par se tarir (en fonction de sa capacité et des précipitations antérieures). Ce type d'aquifère est très vulnérable aux activités développées en surface (Figure IV.15). **(2) Une nappe profonde** dans les niveaux fracturés et fissurés. La quantité d'eau qui peut être stockées dans ces fractures et la facilité avec laquelle celle-ci

peut s'y déplacer dépendra essentiellement de la nature de la roche. Ce type d'aquifère est généralement mieux protégé des activités anthropiques. Les couches moins perméables (shales, schistes) peuvent rendre localement la nappe sous-jacente captive (Figure IV.16).

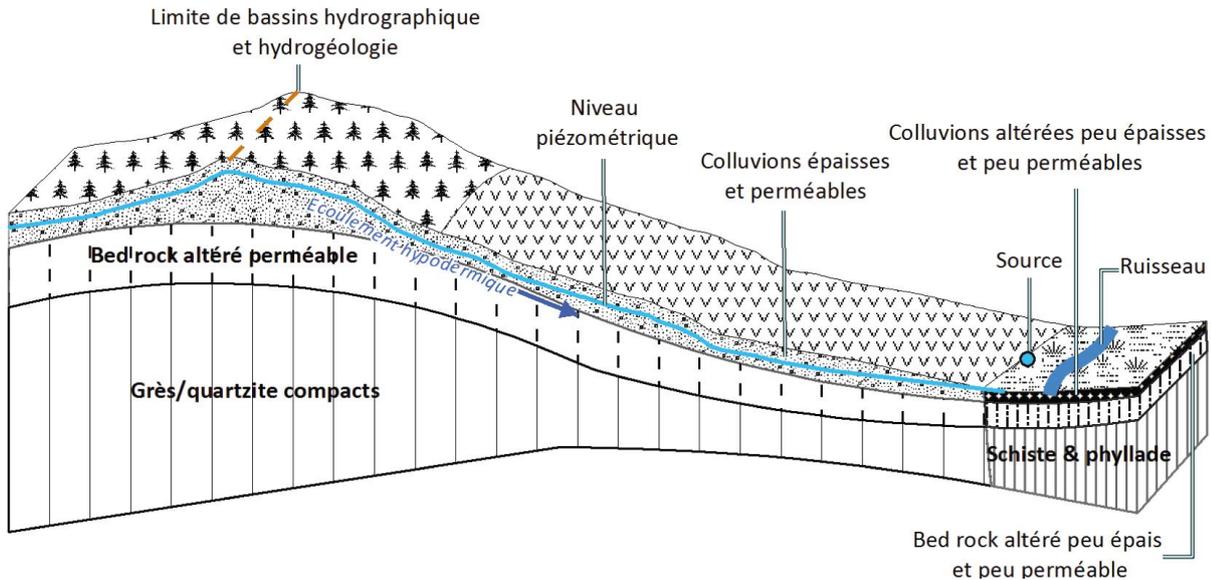


Figure IV.15 : Sources alimentées principalement par le manteau d'altération (Debbaut et al., 2014)

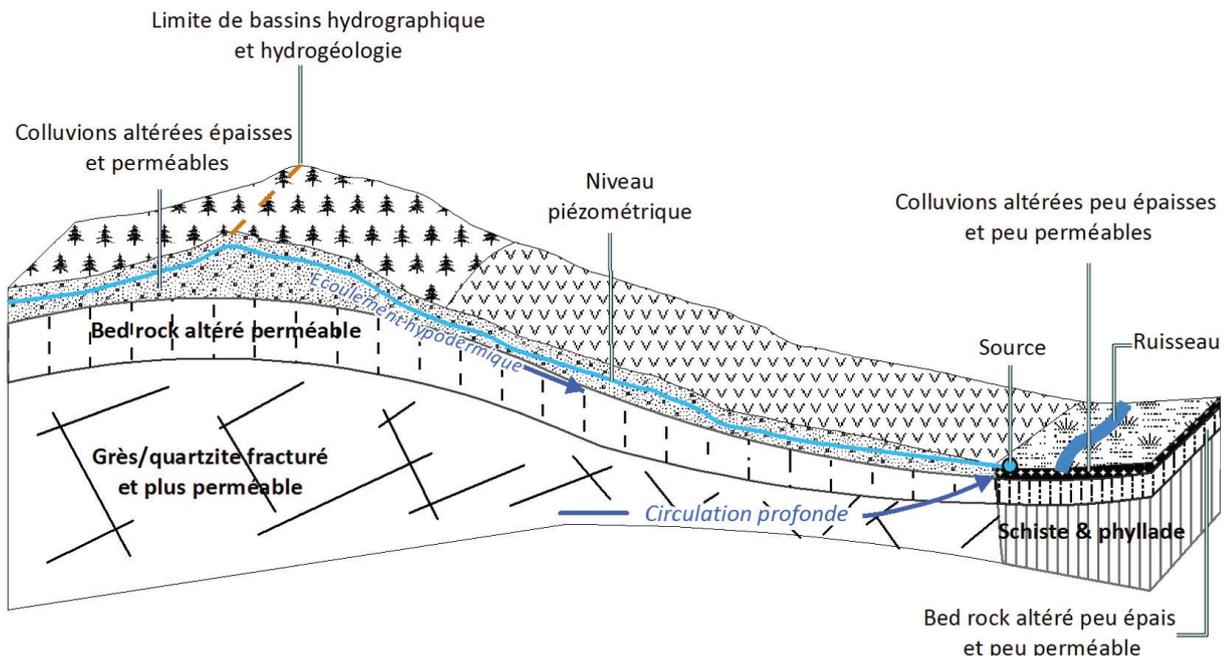


Figure IV.16 : Sources alimentées principalement par la nappe profonde (Debbaut et al., 2014)

Les mesures piézométriques ponctuelles indiquent une nappe affleurante à sub-affleurante pour les terrains du Dévonien inférieur (niveau piézométrique à maximum 5 m de profondeur) et des niveaux plus profonds (de l'ordre d'une quinzaine de mètres) pour l'aquitard de l'Eifelien.

Cette entité hydrogéologique est drainée essentiellement par la Hedrée et ses affluents (bassin de la Lesse), excepté la bordure septentrionale (aquitard de l'Eifelien) qui appartient au bassin de l'Ourthe.

Dans la vallée de la Hedrée, au lieu-dit « Bois de Hernière », une étude hydrogéologique a été réalisée (LGIH, 1995). Dans le but de déterminer l'infiltration théorique moyenne vers l'aquifère, un bilan hydrométéorologique a été calculé pour la période allant d'octobre 1994 à septembre 1995. Les données mensuelles de précipitations et températures proviennent de la station IRM « K90 » de Rochefort⁵. L'évapotranspiration est calculée par la méthode de Thornthwaite (Thornthwaite & Mather, 1955). Le terme « Eau utile » désigne aussi bien l'infiltration vers la nappe que le ruissellement de surface. Le stock représente l'eau emmagasinée dans le sol. Les termes du bilan sont exprimés en mm et repris dans le Tableau IV.4. Sur la période considérée, la quantité d'eau utile totale est de 462,5 mm. En considérant que 1/3 de cette eau s'infiltré et que les 2/3 restants participent au ruissellement, on obtient une infiltration théorique vers la nappe de 154 mm sur 12 mois, soit 0,0176 mm/h ou 0,0176 l/m²/h.

Tableau IV.4 : Bilan hydrométéorologique (oct. 94 – sept. 95, station IRM de Rochefort)

Mois	Température moyenne (°C)	Précipitations totales (mm)	Évapotranspiration (mm)	Stock (m)	Eau utile (m)
Oct-94	9,1	44,9	41,9	100	3
Nov-94	9,4	51,8	43,4	100	8,4
Déc-94	4,6	94,7	19,6	100	75,1
Jan-95	2,8	190,5	11,3	100	179,2
Fév-95	5,6	94,4	24,4	100	70
Mars-95	4,6	87,6	19,6	100	68
Avr-95	8,3	75,6	37,8	100	37,8
Mai-95	12,3	42,4	58,6	83,8	0
Juin-95	14,2	105,9	68,7	100	21
Juil-95	20	84,1	100,6	83,5	0
Août-95	18,5	27,5	92,3	18,7	0
Sept-95	12,8	78,9	61,2	36,4	0
Total		978,3	579,4		462,5

Non loin de la Nationale 4, à environ 4 km au sud-est de Marche-en-Famenne, la laiterie Socabel possède deux puits forés, P1 et P2 respectivement de 60 et 30 m de profondeur (Figure IV.17). A la demande de l'exploitant, un rapport succinct sur l'hydrogéologie du site a été réalisé (FUL, 1992). L'examen des cuttings⁶ et des venues d'eau au droit du « Socabel-P1 », ainsi que les résultats des analyses des échantillons prélevés ont mis en évidence la présence de deux aquifères isolés par un niveau plus schisteux. Lors du percement du toit schisteux de l'aquifère profond (entre 19 et 28 m d'après le log géologique), l'eau a été rencontrée à une profondeur supérieure à 40 m (venues d'eau importantes à 43 et 54 m) et le niveau d'équilibre du puits (11 m) est

⁵ X : 211177 ; Y : 96310

⁶ débris de roches arrachés par l'outil lors d'un forage.

largement plus proche de la surface que le toit. La nappe profonde est donc captive au droit du site. De plus, l'eau des venues captées (crépine de 21 à 60 m) est bactériologiquement pure ce qui n'est pas le cas de l'aquifère superficiel (nappe libre) sollicité par « Socabel-P2 ». Ce dernier n'est plus exploité aujourd'hui.

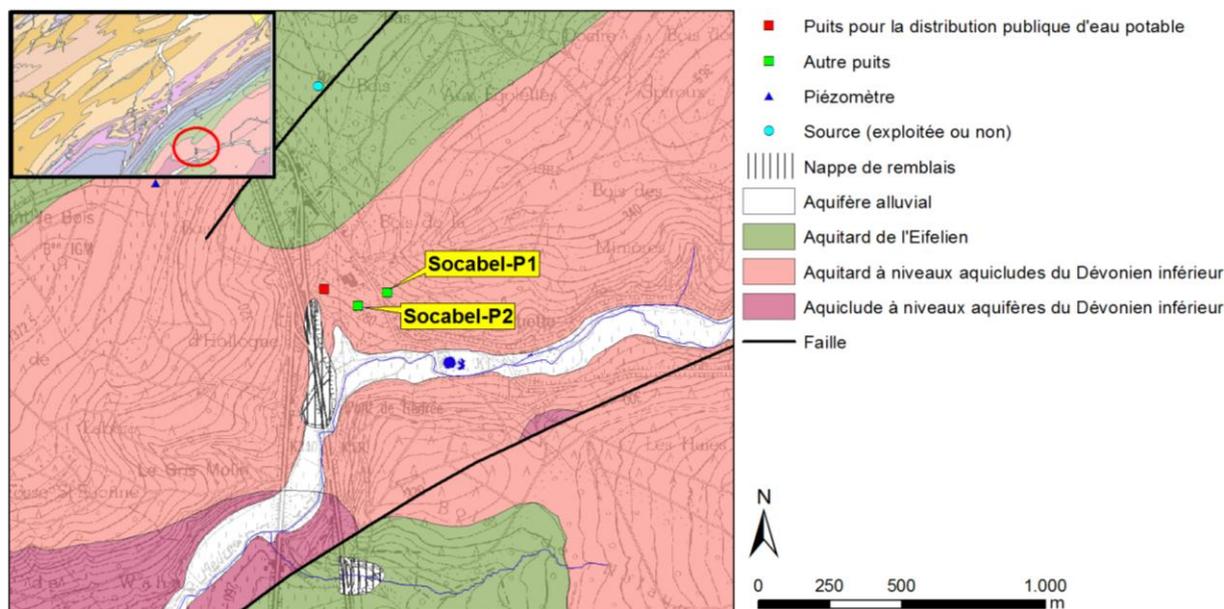


Figure IV.17 : Situation des puits « Socabel-P1 » et « Socabel-P2 »

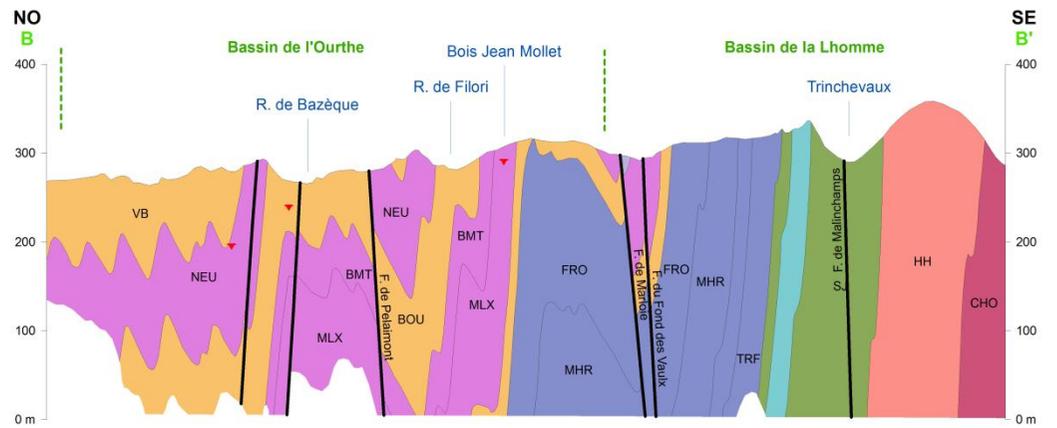
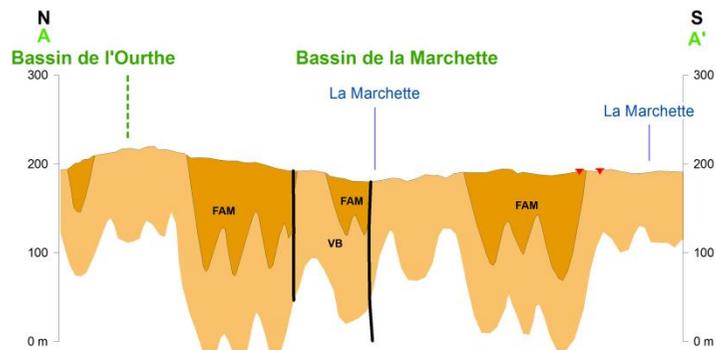
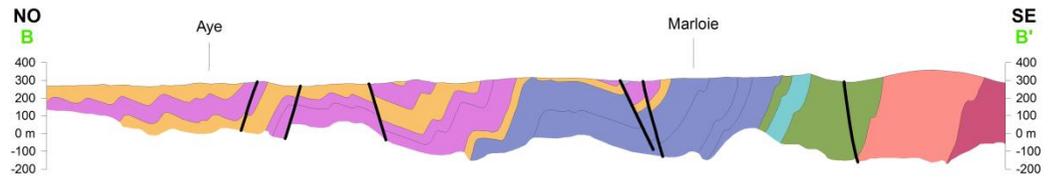
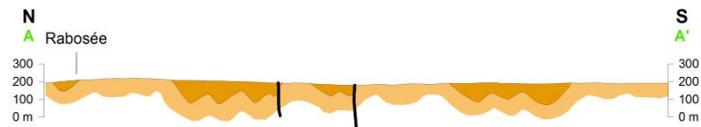
IV.4. COUPES HYDROGÉOLOGIQUES

Afin de mieux visualiser et de mieux comprendre la structure géologique et le comportement des nappes de la région d'Aye – Marche-en-Famenne, deux coupes hydrogéologiques A-A' et B-B' ont été réalisées, d'après Barchy et Marion (2014). Elles sont à l'échelle 1/25 000 et agrandies sur la verticale au 1/5 000 (Figure IV.18).

Les positions des coupes ont été choisies pour illustrer au mieux la géologie (structures et lithologies) et l'hydrogéologie (unités hydrogéologiques) de la zone cartographiée. La proximité des puits ou des piézomètres pour lesquels il existe des données piézométriques est aussi un critère pour la localisation des axes des coupes.

Le trait de coupe A-A', orienté N-S, s'étend sur 3,5 km au nord du village de Rabosée. Il traverse les terrains frasniens et famenniens de la dépression de la Famenne. Les rares mesures piézométriques montrent un niveau d'eau très proche de la surface topographique dû à la nature aquiclude des terrains rencontrés.

Le trait de coupe B-B' est orienté NO-SE, il traverse la Calestienne et les premiers terrains de l'Ardenne en passant par les localités d'Aye et Marloie (Figure IV.18). Les niveaux piézométriques les plus profonds s'observent généralement au droit des terrains carbonatés de la Calestienne et de la Formation de la Lomme, plus perméables que les niveaux schisto-gréseux qui les entourent.



Exagération verticale : X5
Coupe hydrogéologique tirée et modifiée de lacoupe aa' de carte géologique de Wallonie 54/7-8 (Barchy et Marion, 2014)

Exagération verticale : X5
Coupe hydrogéologique tirée et modifiée de lacoupe bb' de carte géologique de Wallonie 54/7-8 (Barchy et Marion, 2014)

REPRODUCTION INTERDITE



Figure IV.18 : Coupes hydrogéologiques de la carte Aye - Marche-en-Famenne

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

Les différents types de nappes (Figure IV.19) 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, appelées 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.

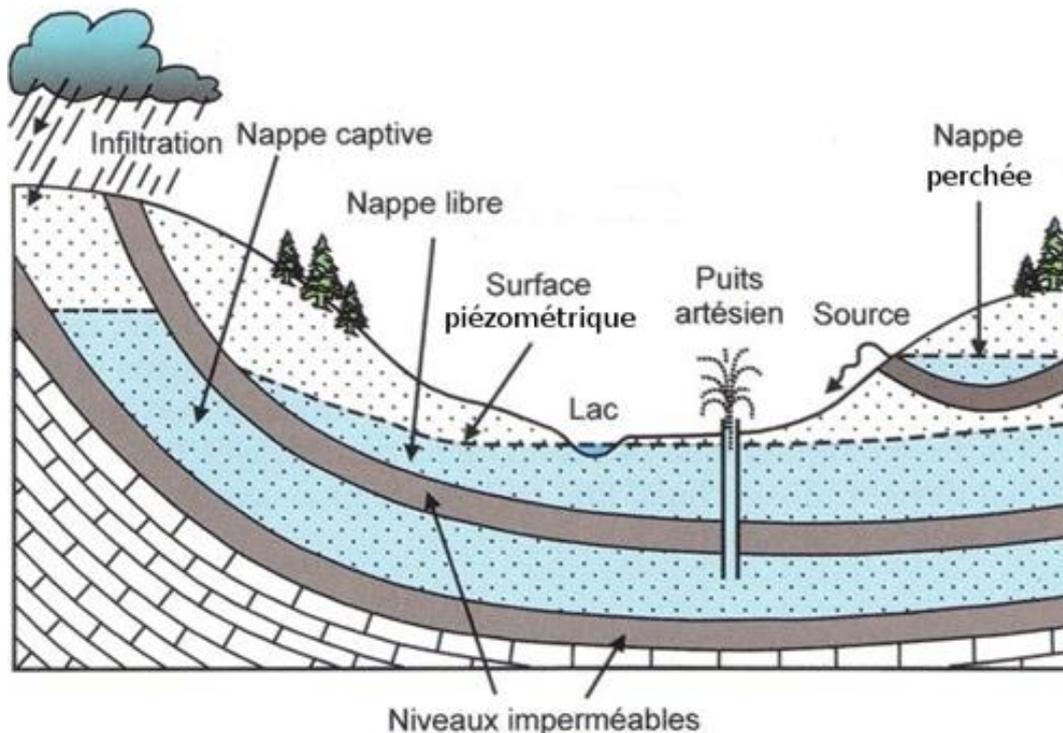


Figure IV.19 : Représentation schématique des différents types de nappes (d'après Dejonghe, 2007, modifié)

Sur la carte Aye - Marche-en-Famenne, les nappes peuvent globalement être considérées comme libres pour une profondeur habituelle des forages (de l'ordre de 100 m). Ce caractère libre est représenté sur la carte des informations complémentaires et du caractère des nappes sur le document cartographique joint à cette notice. Il est toutefois probable que l'aquitard du Frasnien et l'aquifère des calcaires du Givetien acquièrent un caractère captif lorsqu'ils sont surmontés par l'Aquiclude du Frasnien, cette situation s'observe notamment dans la moitié nord de la coupe B-B' (Figure IV.18).

IV.6. CARRIÈRES

Trois carrières en cours d'exploitation s'étendent entièrement ou partiellement sur la carte Aye - Marche-en-Famenne (Figure IV.20) :

- Une petite partie de la carrière de la Boverie (Groupe Lhoist) s'étend au sud-ouest de la carte. Les calcaires y sont exploités en vue de la production de chaux et de granulats ;
- La carrière de Marenne (Carrière de Marenne s.a.) exploite les calcaires givetiens. Son activité principale est la production de granulats pour bétons ;
- La carrière du Trou des Chiens à l'ouest de Sinsin exploite les calcaires et dolomies de la Formation de Philippeville.

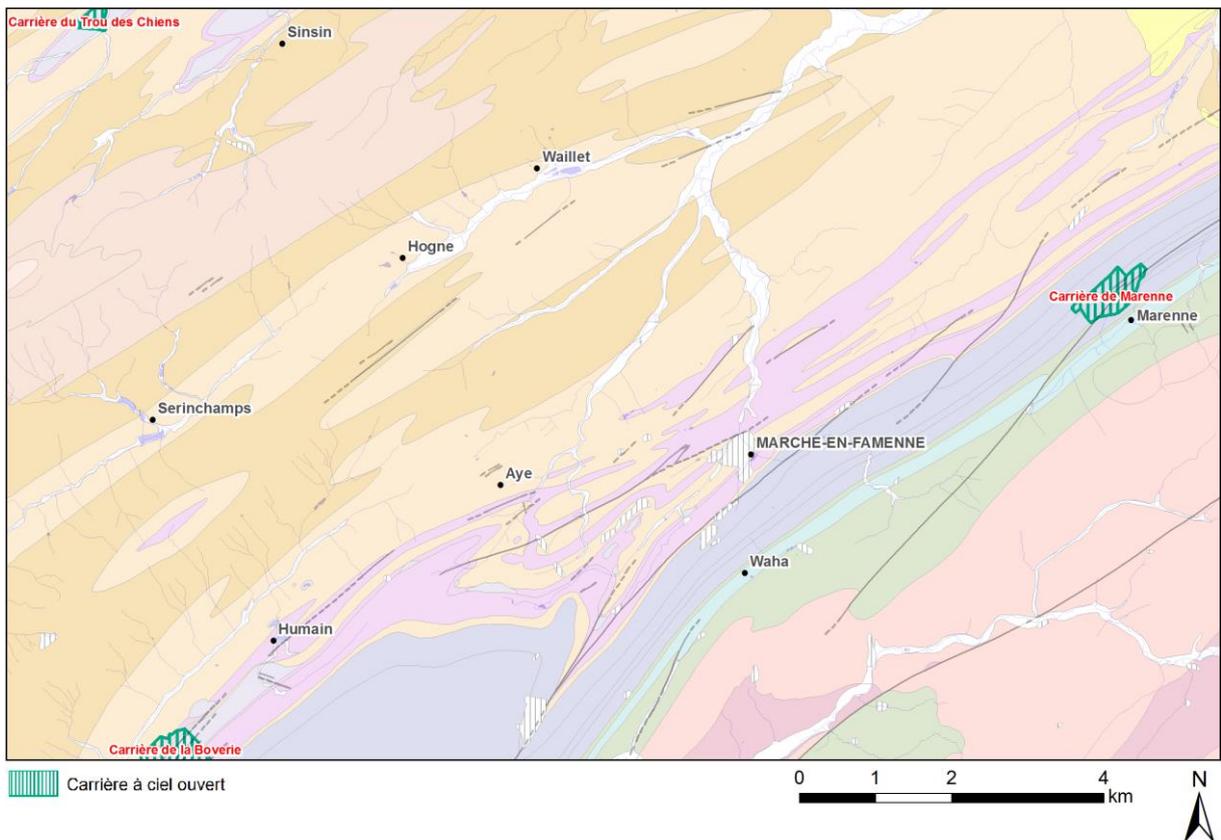


Figure IV.20 : Situation des carrières sur la carte Aye - Marche-en-Famenne

Aucune de ces exploitations ne fait actuellement l'objet de pompages d'exhaure, un projet est cependant à l'étude pour la carrière de la Boverie.

IV.7. PIÉZOMÉTRIE DE LA CARTE AYE - MARCHE-EN-FAMENNE

Les données piézométriques disponibles sont peu nombreuses pour les unités hydrogéologiques de la carte Aye - Marche-en-Famenne. Elles concernent une soixantaine d'ouvrages. Le contexte hydrogéologique relativement complexe de la région ajoute à la difficulté de tracer des isopièzes. Seules des cotes ponctuelles sont reportées sur la carte principale. A défaut d'une couverture piézométrique complète permettant de détailler le sens de l'écoulement souterrain, le niveau de la nappe ou encore le gradient piézométrique, seules des considérations générales peuvent être émises. Le réseau hydrographique pérenne constitue, en général, l'exutoire des nappes aquifères, indiquant ainsi le sens global de l'écoulement des eaux souterraines.

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

Les quelques niveaux piézométriques observés sur la carte étudiée confirment ces scénarii. Dans les unités hydrogéologiques schisto-gréseuses de la dépression de la Famenne et des contreforts de l'Ardenne (cf. IV.3 Description de l'hydrogéologie de la carte, p. 40), la nappe est subaffleurante dans les puits traditionnels, peu profonds. L'eau est rencontrée entre quelques décimètres et 5-6 m du sol. Dans les puits forés, plus profonds, les niveaux d'eau sont plus bas (> 20 m par rapport au sol). Cependant, quelques niveaux piézométriques mesurés dans des puits profonds sont hauts, entre 1 et 10 m du sol, montrant que l'horizon aquifère recoupé par ces forages est sous pression. Dans la bande calcaire de la Calestienne et du plateau du Gerny, la nappe se situe à une profondeur plus grande, pouvant atteindre 40 m. Les fluctuations piézométriques saisonnières sont aussi nettement plus marquées (cf. IV.3.4 Calestienne et plateau du Gerny, p. 45).

V. CADRE HYDROCHIMIQUE

Ce chapitre dresse un aperçu de la composition chimique des eaux souterraines dans la région d'Aye - Marche-en-Famenne, ainsi que des préoccupations principales liées à leur qualité. Les analyses chimiques présentées dans les paragraphes suivants ont été réalisées sur des eaux brutes, non encore traitées en vue de leur consommation. Nous ne disposons pas de données suffisantes pour préciser le cadre hydrochimique de toutes les unités hydrogéologiques de la carte.

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

Sur la carte Aye - Marche-en-Famenne, plusieurs carrières (calcaires, dolomies, grès) et quelques minières ont jadis été exploitées. Quelques sites sont toujours en activité (cf. IV.6 Carrières, p. 55). Ces anciens sites d'extraction abandonnés et parfois remblayés avec des déchets et matériaux divers sont des points d'infiltration privilégiés vers les eaux souterraines, tout comme le sont les dolines, chantoirs et autres phénomènes karstiques. Ces chemins directs depuis la surface vers les eaux souterraines sont donc des lieux à surveiller.

La SPAQuE a inventorié les sites potentiellement contaminés en Wallonie. Ils sont répertoriés dans une banque de données, WALSOLS⁷. Sur la carte étudiée, un seul site est répertorié dans cette base de données. Il s'agit du site 'Nationale 63' à Marche-en-Famenne (code: Lx2504-001). Début des années 1990, un camion citerne se renverse et perd son chargement de mazout. Les travaux de réhabilitation sont achevés en 2000. Le site est aujourd'hui reverdurisé (SPAQuE, 2000).

V.1. CARACTÉRISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

Le résultat des analyses d'eau provenant de divers ouvrages de la carte Aye - Marche-en-Famenne (Figure V.1) sont présentés dans les tableaux suivants. Les analyses proviennent essentiellement de la base de données CALYPSO du SPW et des sociétés de distribution d'eau titulaires d'ouvrages sur cette carte. Les données collectées concernent donc à la fois des ouvrages d'exploitation publique d'eau potable mais également des puits de particuliers.

⁷ <http://www.walsols.be/>

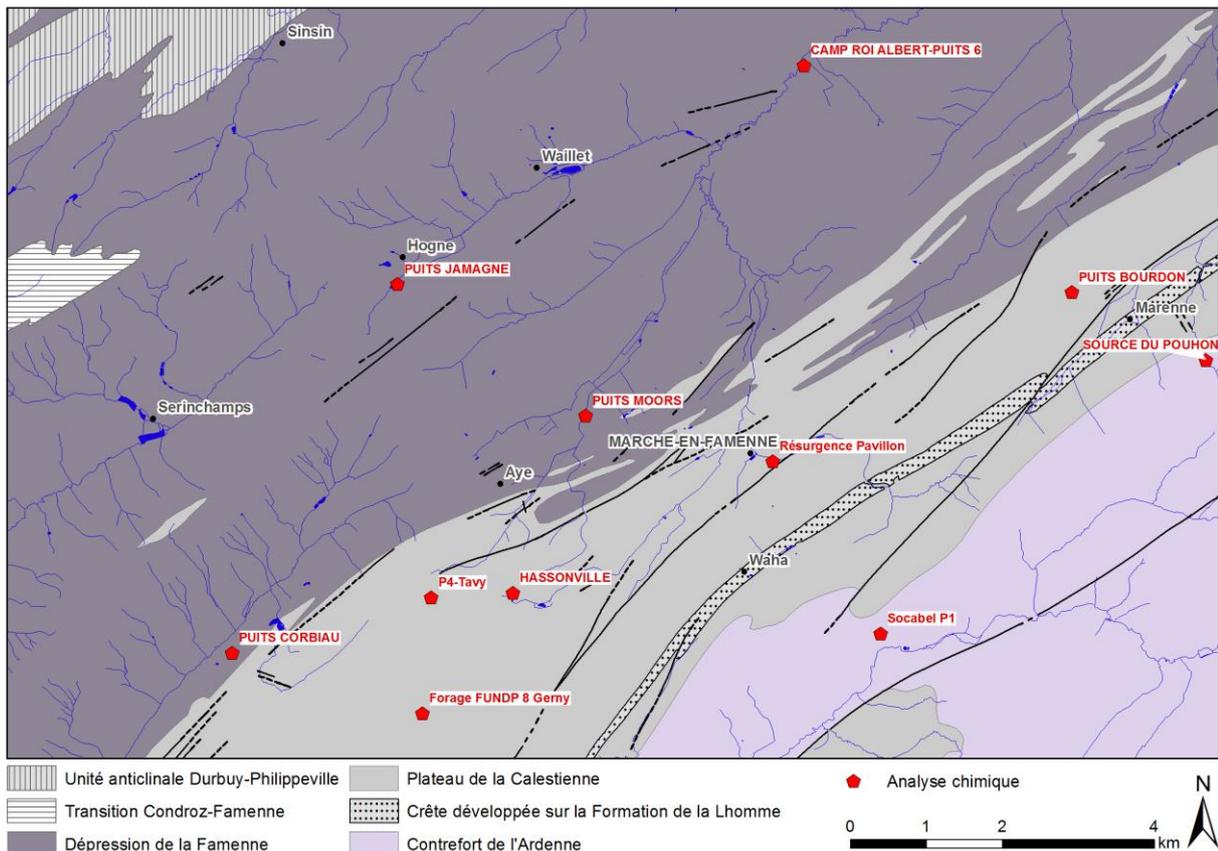


Figure V.1 : Localisation des sites où des données hydrochimiques sont disponibles et décrites dans le chapitre V

V.1.1. DÉPRESSION DE LA FAMENNE

Les eaux des terrains schisto-gréseux de la dépression de la Famenne présentent une minéralisation moyenne (dureté et conductivité moyennes) avec un pH généralement basique (Tableau V.1). Les teneurs en calcium et bicarbonates plus élevées au droit des « PUIITS CORBIAU » et « PUIITS JAMAGNE » sont vraisemblablement dues aux nodules calcaires présents dans l'Aquiclude du Frasnien (Formation des Valisettes). Les concentrations en nitrates sont négligeables pour les puits profonds (<0,13 mg/l), par contre elles sont à surveiller pour le « PUIITS JAMAGNE » (22 mg/l) sans toutefois dépasser la norme de potabilité (50 mg/l).

Tableau V.1 : Caractéristiques hydrochimiques des eaux souterraines de la dépression de la Famenne

Paramètres	Unité	Norme de potabilité	CAMP ROI ALBERT- PUITS 6	PUITS CORBIAU	PUITS JAMAGNE	PUITS MOORS
			23/11/1995	23/03/2006	1/10/2013	1996
			PF – 189m	PF – 30m	PT – 3m	PF – 85m
pH	unités pH	6,5 à 9,5	8,2	7,57	7,9	7,6
Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}-20^\circ\text{C}$	2500	547	404	530	385
Dureté totale	° français	67,5	11,5	31,9	30,1	20,6
Calcium	mg/l	270	35,6	91,1	90	55
Magnésium	mg/l	50	8,6	22,1	18,4	14
Sodium	mg/l	150	76	16,7	6,8	14
Potassium	mg/l	-	0,7	3,4	1,5	3,4
Fer total dissous	$\mu\text{g}/\text{l}$	200	<60	8	7	<60
Manganèse	$\mu\text{g}/\text{l}$	50	44	2	<1	62
Bicarbonates	mg/l	-	186	282,9	286,7	219
Sulfates	mg/l	250	125	49,8	28	20,3
Chlorures	mg/l	250	9	40,5	15	13,3
Nitrates	mg/l	50	<0,13	15,2	22	<0,13
Nitrites	mg/l	0,1	<0,01	-	-	<0,01
Ammonium	mg/l	0,5	<0,04	-	-	0,2
Silice	mg/l	-	-	15,7	7	-

V.1.2. CALESTIENNE ET PLATEAU DU GERNY

Les eaux logées dans l'aquifère calcaire de la Calestienne présentent un faciès bicarbonaté calcique avec un pH neutre à basique (7 – 7,9) et, une minéralisation et une dureté moyennes à élevées (Tableau V.2). Les concentrations en nitrates pour l'ensemble des échantillons ne sont pas négligeables, bien que restant inférieures aux normes de potabilité. Notons également une concentration élevée en manganèse pour le puits « HASSONVILLE ».

Comme il en a été fait mention dans les chapitres précédents, les calcaires givetiens de la Calestienne sont intensément karstifiés. Les chantoirs, dolines sont autant de points d'infiltration préférentiels pour les eaux météoriques et pollutions diverses.

Tableau V.2 : Caractéristiques hydrochimiques des eaux souterraines de la Calestienne et du plateau du Gerny

Paramètres	Unité	Norme de potabilité	PUITS BOURDON	Résurgence Pavillon	HASSONVILLE	P4-Tavy	Forage FUNDP 8 Gerny
			9/10/2012	22/02/2006	25/2/2003	15/4/2002	18/11/2008
			PF – 79m	Source	PF – 55m	PT – 5,5m	PF – 80m
pH	unités pH	6,5 à 9,5	7	7,2	7,2	7,9	7,3
Conductivité	µS/cm-20°C	2500	716	700	601	591,8	-
Dureté totale	français	67,5	39,8	34,9	34,8	33,1	37,4
Calcium	mg/l	270	142,8	125	108	121,4	138
Magnésium	mg/l	50	10,1	9,5	19	6,8	7
Sodium	mg/l	150	10,6	34	8	7,2	6,4
Potassium	mg/l	-	0,8	4,2	<1	2	<1
Fer total dissous	µg/l	200	23	7,8	<100	-	4,1
Manganèse	µg/l	50	3,2	11,4	170	-	5,4
Bicarbonates	mg/l	-	396,5	280,6	-	327,3	330,6
Sulfates	mg/l	250	29,4	36	57	34,5	27
Chlorures	mg/l	250	38,5	76	18	16,2	18,2
Nitrates	mg/l	50	21,6	33	6	20,8	36
Nitrites	mg/l	0,1	-	<0,01	-	-	-
Ammonium	mg/l	0,5	-	<0,05	<0,5	-	-
Silice	mg/l	-	5,4	6,4	-	6,7	9

V.1.3. CONTREFORT DE L'ARDENNE

Les quelques données hydrochimiques disponibles pour caractériser les eaux logées dans les formations schisto-gréseuses du Dévonien moyen et inférieur sont reprises dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Les analyses étant peu nombreuses, il est hasardeux de tenir des conclusions à propos de la qualité hydrogéochimique de ces eaux. Les échantillons analysés montrent un pH légèrement acide ainsi que des conductivités et duretés faibles. Il faut néanmoins attirer l'attention sur les concentrations en fer et manganèse élevées dans le puits « Socabel P1 », requérant un traitement adéquat. Les teneurs en produits azotés sont, par contre, négligeables.

Tableau V.3 : Caractéristiques hydrochimiques des eaux souterraines du contrefort de l'Ardenne

Paramètres	Unité	Norme de potabilité	Socabel P1	SOURCE DU POUHON
			1/10/2013	19/10/2010
			PF – 60m	Source
pH	unités pH	6,5 à 9,5	6,9	6,7
Conductivité	µS/cm-20°C	2500	142	75,6
Dureté totale	° français	67,5	6,5	3
Calcium	mg/l	270	10	5
Magnésium	mg/l	50	9,8	4,2
Sodium	mg/l	150	3,4	3,6
Potassium	mg/l	-	0,6	0,5
Fer total dissous	µg/l	200	1030	109
Manganèse	µg/l	50	187	4,7
Bicarbonates	mg/l	-	89,1	23,2
Sulfates	mg/l	250	4	9,8
Chlorures	mg/l	250	9	5,2
Nitrates	mg/l	50	0,7	3,3
Nitrites	mg/l	0,1	-	-
Ammonium	mg/l	0,5	-	-
Silice	mg/l	-	6	6,9

V.1.4. COMMENTAIRES

Les analyses chimiques reprises ci-dessus donnent un premier aperçu des compositions chimiques des eaux souterraines susceptibles d'être rencontrées sur la carte d'Aye - Marche-en-Famenne. La **Figure V.2** reprend la classification hydrochimique des eaux souterraines sous forme d'un diagramme de Piper (*Piper, 1944*).

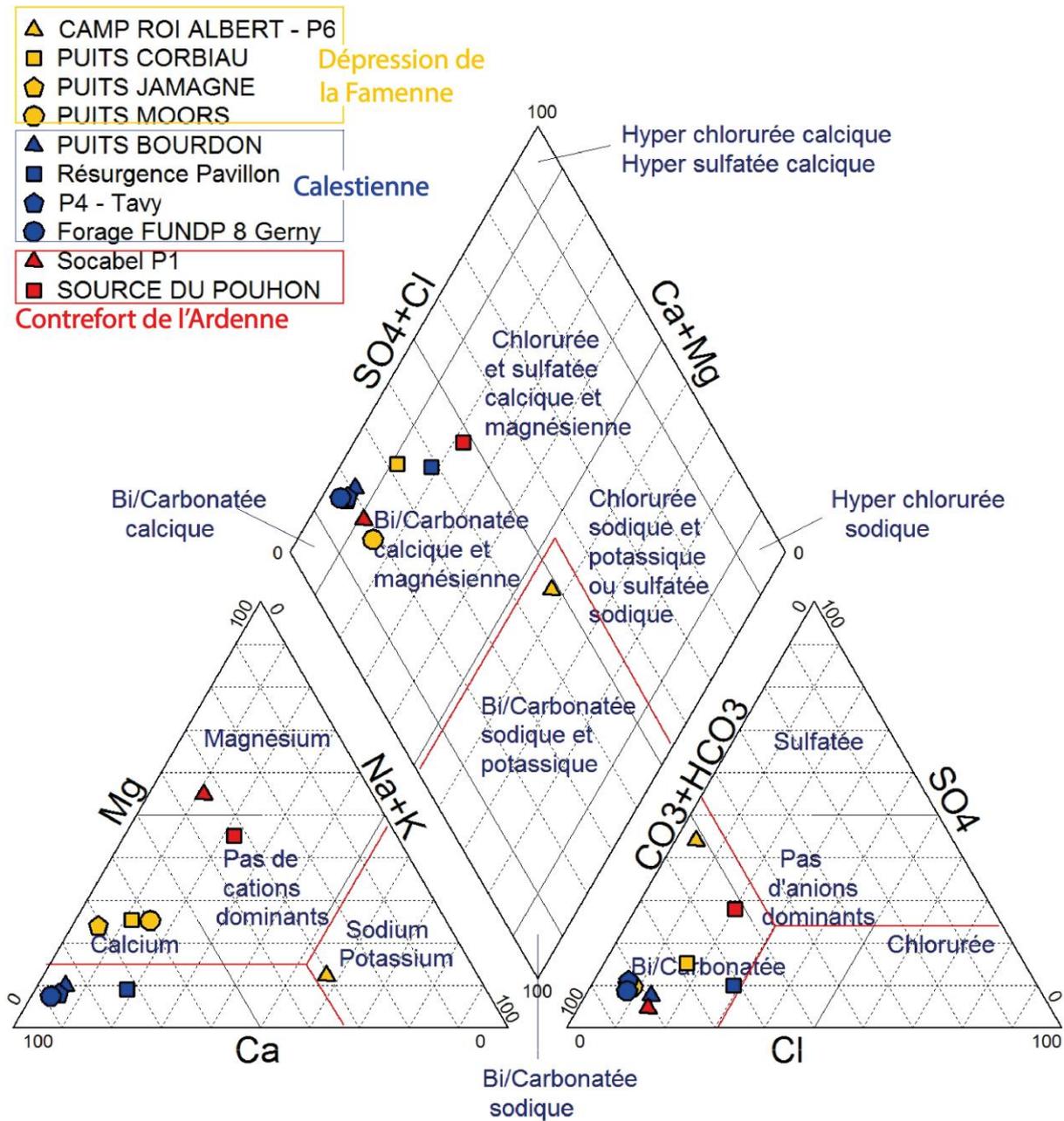


Figure V.2 : Classification hydrochimique des eaux de la carte Natoye – Ciney sur le diagramme de Piper

Les données hydrochimiques disponibles dans la région d'Aye - Marche-en-Famenne permettent de classer la majorité des eaux souterraines parmi les eaux bicarbonatées calciques. Toutefois, on observe des cas particuliers comme au puits « CAMP ROI ALBERT-PUITS 6 » où la forte concentration en sodium confère aux eaux un faciès de type bicarbonaté sodique ; quant à la « SOURCE DU POUHON », elle montre une tendance à évoluer vers un faciès chloruré et sulfaté calcique en raison de la faible concentration en bicarbonates (Figure V.2). Les analyses disponibles ci-dessus ne concernent pas toutes les unités hydrogéologiques en présence, toutefois, un diagramme de Stiff (Figure V.3) permet de bien mettre en évidence les singularités hydrochimiques qui existent entre les grandes entités hydrogéologiques définies sur la carte (Fetter, 2001).

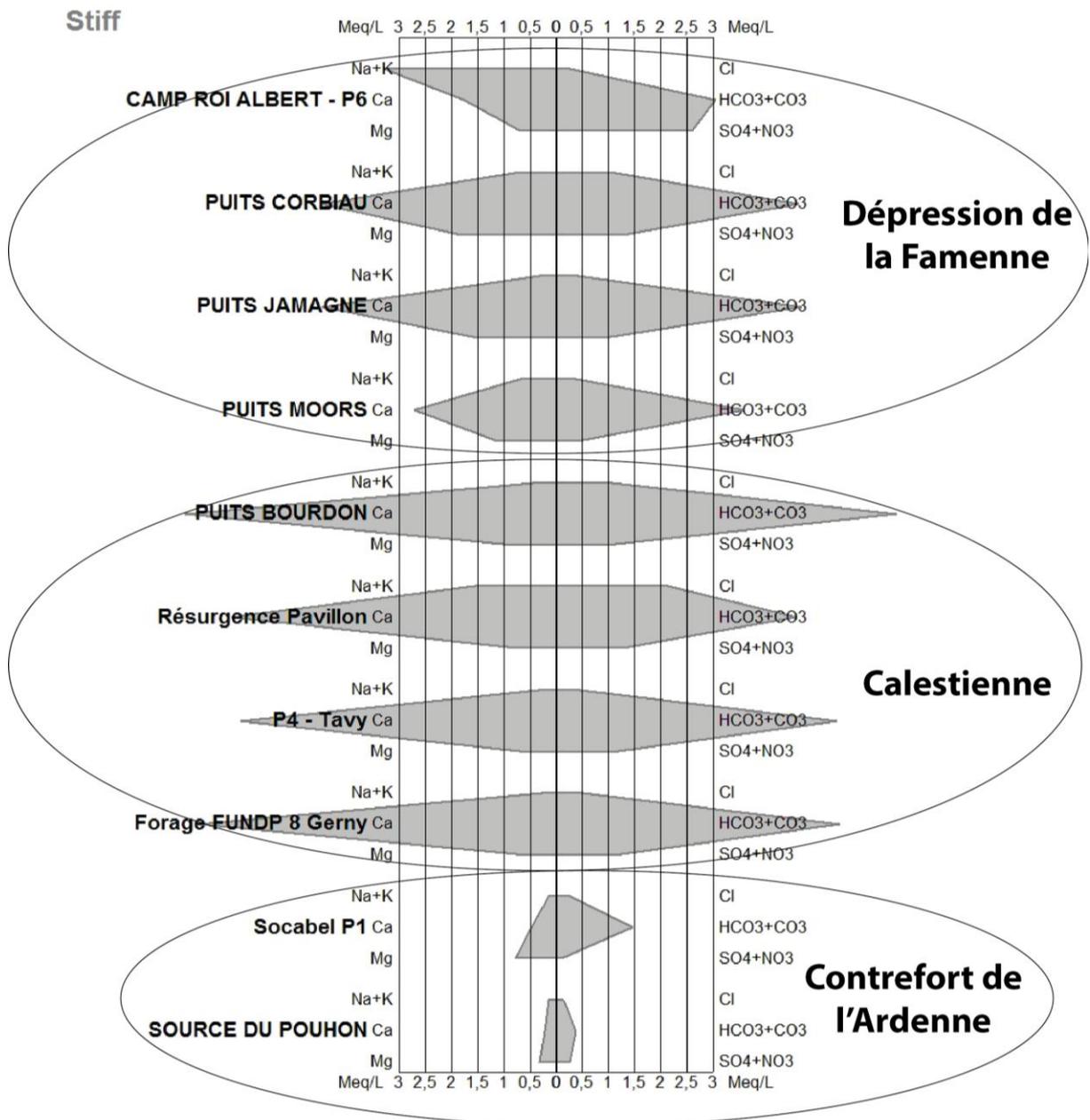


Figure V.3 : Diagramme de Stiff reprenant les eaux analysées de la carte de Aye - Marche-en-Famenne (d'après Stiff, 1951)

V.2. PROBLÉMATIQUE DES NITRATES

Les nitrates font depuis plusieurs années l'objet de contrôles réguliers de la part des sociétés de distribution d'eau. La norme européenne est de 50 mg de NO₃ par litre d'eau au maximum. Pour protéger les eaux de surface et souterraines de la pollution par les nitrates, six « zones vulnérables » ont été désignées par arrêtés ministériels (Figure V.4). Cette désignation implique l'application d'un programme d'actions précis dont les mesures ont été arrêtées dans le code de « bonne pratique agricole du Programme de Gestion Durable de l'Azote en agriculture (PGDA) ». Pour plus d'informations, voir www.nitrawal.be, ainsi que le Livre II du Code l'Environnement ([Code de l'Eau](#)).

Sur la **Figure V.4**, la planche 54/7-8 se trouve partiellement dans la zone vulnérable du « Sud Namurois » (Arrêté ministériel du 22 novembre 2012 portant extension de la zone vulnérable du territoire dit « Sud Namurois » (MB du 06/12/2012)).

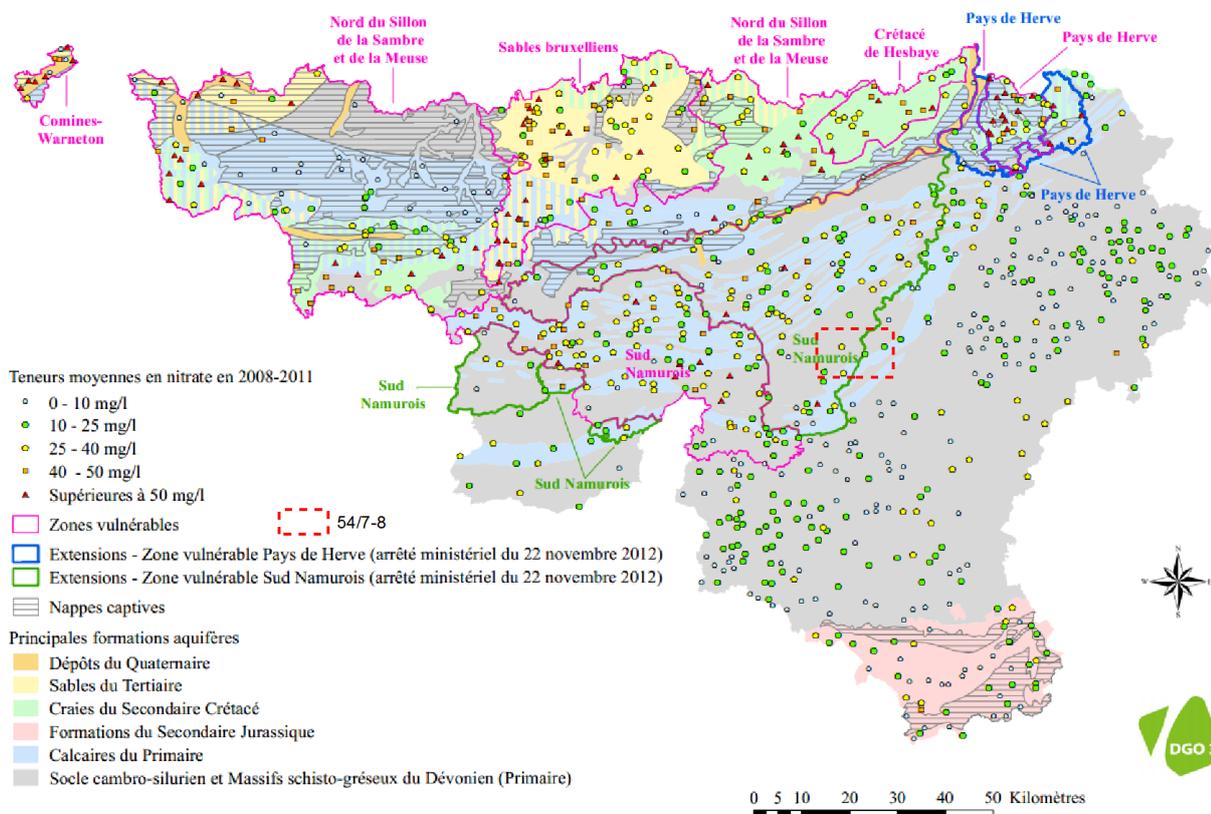


Figure V.4 : Zones vulnérables aux nitrates arrêtées en Wallonie et teneurs moyennes en nitrates de 2008 à 2011 sur les ouvrages du réseau de surveillance du Service Public de Wallonie. Localisation de la carte de Aye - Marche-en-Famenne (SPW-DGO3, 2015)

L'ensemble de ces 6 zones vulnérables aux nitrates reprennent la quasi-totalité des captages échantillonnés dépassant la norme des 50 mg/l et plus des deux tiers des captages dont la teneur en nitrate est comprise entre 25 et 50 mg/l.

Le graphique de la **Figure V.5** montre que les aquifères les plus vulnérables de la carte Aye - Marche-en-Famenne sont logés dans les formations carbonatées du Dévonien moyen (Givetien de la Calestienne, « Forage FUNDP 8 Gerny » et « PUIITS BOURDON ») et du Dévonien supérieur (Frasnien de la dépression de la Famenne, « PUIITS JAMAGNE ») avec des teneurs moyennes en nitrates de 20 à 40 mg/l. En effet, ces terrains, de par leur karstification, contiennent des nappes généralement vulnérables à tout type de contamination. L'intense fracturation des formations calcaires et la présence de cours d'eau infiltrants par exemple, permettent de mettre en relation la surface avec une nappe logée plus profondément. L'absence de karst ne suffit pas pour protéger une nappe : il faut que l'aquifère soit recouvert d'une couche protectrice, généralement limoneuse ou argileuse, ou que la nappe soit captive, afin de limiter les connexions entre la nappe aquifère et la surface.

Les unités hydrogéologiques moins perméables montrent des teneurs plus faibles. Les concentrations au puits « HAVRENNE » (aquiclude du Famennien) varient en général

de 5 à 15 mg/l alors que le puits « BOIS MONSEU 2 » (aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur) montre des teneurs en nitrates nulles ou négligeables (Figure V.5).

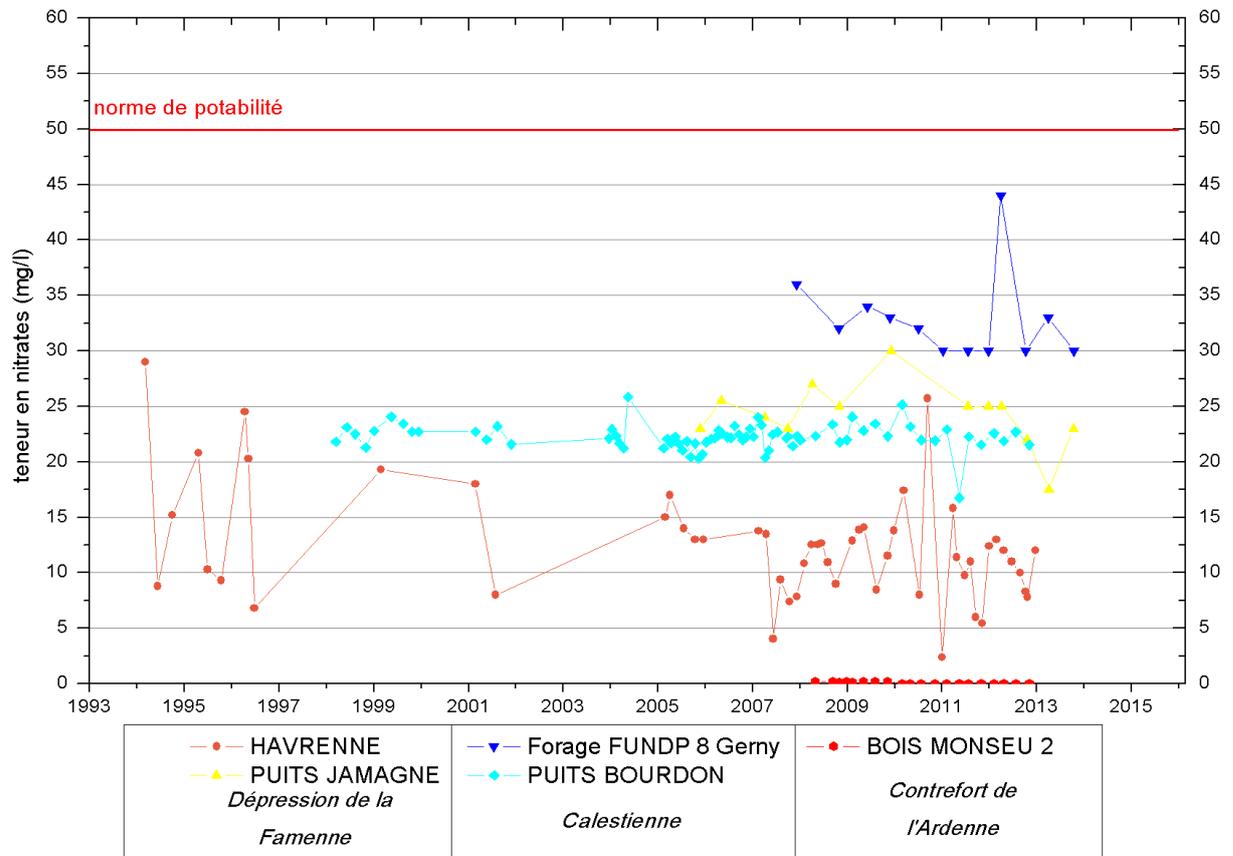


Figure V.5 : Evolution de la teneur en nitrates (1993-2013) pour quelques ouvrages de la carte Aye - Marche-en-Famenne.

V.3. QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE

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.

Quatre ouvrages sur la carte disposent d'analyses bactériologiques récentes, synthétisées au [Tableau V.4](#). Certains ouvrages particulièrement vulnérables aux pollutions anthropiques peuvent montrer des concentrations élevées.

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 à l'eau une qualité appréciable.

Tableau V.4 : Résultats des analyses microbiologiques (avant traitement) pour quelques ouvrages de la région d'Aye - Marche-en-Famenne

Paramètre	Unité	PUITS JAMAGNE	Forage FUNDP 8 Gerny	PUITS BOURDON	Socabel P1
Unité hydrogéologique		Aquiclude du Frasnien	Aquifère des calcaires du Givetien		Aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur
Date		1/10/2013	18/11/2008	13/10/2015	1/10/2013
Coliformes totaux	Colonies/100 ml	0	20	1	8
Entérocoques	Colonies/100 ml	0	0	0	1
Escherichia Coli	Colonies/100 ml	0	0	0	0
Germes totaux à 22 °C	Colonies/ml	-	2680	14	-
Germes totaux à 36 °C	Colonies/ml	1	-	-	82

V.4. PESTICIDES

En ce qui concerne les pesticides, les éléments fréquemment concernés par des pollutions appartiennent essentiellement à la famille des herbicides. Les herbicides permettent d'éliminer les plantes appelées communément « mauvaises herbes ». L'une des propriétés recherchées pour un herbicide, outre sa sélectivité, est sa durée d'action après traitement, voilà pourquoi sa persistance dans l'environnement est parfois assez longue. D'autre part, les plus solubles d'entre eux sont susceptibles d'être entraînés, soit par ruissellement vers les cours d'eau, soit par infiltration lente en profondeur jusqu'aux nappes phréatiques. Certains herbicides sont l'apanage des agriculteurs, comme les produits dérivés du groupe chimique triazine (atrazine (interdit depuis 2004), 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.5](#) reprend les pesticides les plus importants analysés dans divers ouvrages présents sur la carte. Seul le piézomètre « Forage FUNDP 8 Gerny » montre un léger dépassement de la norme de potabilité (100 ng/l) pour l'atrazine et son métabolite.

Tableau V.5 : Teneurs en pesticides principaux (famille des herbicides) pour quelques captages de la région d'Aye - Marche-en-Famenne

Paramètre	Unité	Norme	PUITS JAMAGNE	Forage FUNDP 8 Gerny	PUITS BOURDON	Socabel P1
Unité hydrogéologique			Aquiclude du Frasnien	Aquifère des calcaires du Givetien		Aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur
Date			1/10/2013	18/11/2008	13/10/2015	1/10/2013
Atrazine	ng/l	100	< 10	167	< 10	< 10
Déséthyl atrazine	ng/l	100	11	128	< 10	< 10
Simazine	ng/l	100	< 10	<10	< 10	< 10
Chlortoluron	ng/l	100	< 10	<10	< 10	< 10
Diuron	ng/l	100	< 10	<10	< 10	< 10
Isoproturon	ng/l	100	< 10	<10	< 10	< 10

V.5. ELÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES (ETM)

La famille des ETM comprend notamment les éléments suivants : l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le mercure (Hg), le nickel (Ni), le plomb (Pb), le zinc (Zn),... Ils ont été souvent désignés comme « métaux lourds », terme imprécis car certains de ces éléments ne sont pas particulièrement « lourds » (le zinc), tandis que ces polluants ne sont pas tous des métaux (l'arsenic par exemple) (*Pereira et Sonnet, 2007*).

Le **Tableau V.6** montre les résultats d'analyses des ETM pour quelques ouvrages sur la carte Aye - Marche-en-Famenne. Seul le puits « Socabel P1 » montre des concentrations élevées en zinc et manganèse. Un traitement permet néanmoins de rendre à l'eau une qualité appréciable.

Tableau V.6 : Teneurs en ETM pour quelques ouvrages de la région de Aye - Marche-en-Famenne

Paramètre	Unité	Norme	PUITS JAMAGNE	Forage FUNDP 8 Gerny	PUITS BOURDON	Socabel P1
Unité hydrogéologique			Aquiclude du Frasnien	Aquifère des calcaires du Givetien		Aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur
Date			1/10/2013	18/11/2008	13/10/2015	24/08/2015
Antimoine	µg/l	5	<1	<0,05	-	<1
Arsenic	µg/l	10	<1	0,2	-	<1
Bore	µg/l	1000	<20	<25	<5	<20
Cadmium	µg/l	5	<0,03	<0,2	-	<0,03
Chrome (total)	µg/l	20	<1	1,3	-	<1
Cuivre	µg/l	100	22	<2	3	4,3
Manganèse	µg/l	50	<1	5,4	<1	187
Mercure	µg/l	1	<0,05	<0,1	-	<0,05
Nickel	µg/l	20	<1	<2,5	<2	2,1
Plomb	µg/l	10	<1	0,8	1,6	<1
Selenium	µg/l	10	<1	0,2	-	<1
Zinc	µg/l	200	32	<15	15	1469

V.6. ÉTAT DES MASSES D'EAU

La directive 2006/118/CE relative à la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration a été transposée aux articles R.43ter du Code de l'eau. Ce texte précise les objectifs environnementaux énoncés pour les eaux souterraines par la Directive cadre de l'eau (DCE).

En ce qui concerne le bon état chimique, la composition de l'eau souterraine mesurée aux différents points du réseau principal de surveillance, doit être telle que les concentrations de polluants respectent les normes de qualité et les valeurs seuils inscrites à l'annexe XIV du Code de l'eau (Tableau V.7).

Tableau V.7 : Valeurs seuils des paramètres chimiques intervenant dans la dégradation des masses d'eau souterraines

Polluant	Norme ou Valeur seuil
Nitrates	50 mg/l
Substances actives des pesticides, ainsi que les métabolites et produits de dégradation et de réaction pertinents	0,1 µg/l - 0,5 µg/l (total)
Ammonium	0,5 mg NH ₄ /l
Antimoine	5 µg/l
Arsenic	10 µg/l
Cadmium	5 µg/l
Chlorures	150 mg/l
Chrome	50 µg/l
Cuivre	100 µg/l
2,6-dichlorobenzamide (BAM)	0,2 µg/l
Mercure	1 µg/l
Nickel	20 µg/l
Phosphore total	1,15 mg/l P ₂ O ₅
Plomb	10 µg/l
Sulfates	250 mg/l
Trichloréthylène	10 µg/l
Tétrachloréthylène	10 µg/l
Zinc	200 µg/l

Sur cette base, l'état global des 33 masses d'eau souterraine de la Région wallonne a été évalué pour la première fois, à l'aide des résultats accumulés entre 2005 et 2008 sur le réseau de surveillance DCE. En matière de nitrates, les résultats du survey nitrate (950 sites) permettent de conforter le diagnostic. Les masses d'eau classées en mauvais état l'ont été pour cause de nitrates (7), combinaison pesticides et nitrates (3), autres polluants (2) ou de prélèvements excessifs (1).

Les causes de la dégradation des eaux souterraines ont été regroupées comme suit :

- **L'agriculture**, dont les pressions peuvent être diffuses ou ponctuelles, et qui provoquent des altérations en nitrates principalement et en pesticides secondairement ;
- **L'industrie** (toutes catégories d'entreprises), dont les pressions sont considérées comme ponctuelles, et qui provoquent des altérations en macro-polluants, des risques d'introduction de micro-polluants (métaux, composés organiques) et des risques quantitatifs (industrie extractive) ;
- **La collectivité** réunit les ménages et les services liés à la population au sens large (approvisionnement en eau, assainissement, transports, urbanisation, espaces verts...). L'approvisionnement en eau peut provoquer des risques quantitatifs. Les autres secteurs cités peuvent émettre des macro-polluants et des pesticides de manière considérée comme diffuse.

Enfin, les sites contaminés, anciennes décharges et autres sites à réhabiliter sont réunis dans la force motrice dite **historique**. Il s'agit de sources de micropolluants vers les eaux souterraines, dont la propagation éventuelle est à contrôler.

L'impact chimique de l'agriculture demeure clairement la grande problématique pour les eaux souterraines en Wallonie ; toutefois aucune force motrice n'est à négliger. La **Figure V.6** indique l'état des masses d'eau en fonction des causes de leur dégradation. En 2008, seulement 45 % des masses d'eau souterraines de Wallonie ont été jugées en bon état et sans risque de détérioration. Les plans de gestion de la directive cadre eau visent à amener cette proportion à 70 % en 2015.

Les masses d'eau concernées par la planche Aye - Marche-en-Famenne, en 2008, étaient en bon état avec risques qualitatifs (**Figure V.6**). Pour la masse d'eau RWM023, le paramètre 'nitrates' est classé comme 'moyen', sans pour autant être déclassant. (*DGARNE-DESO et Protectis-Cellule DCE, 2010*).

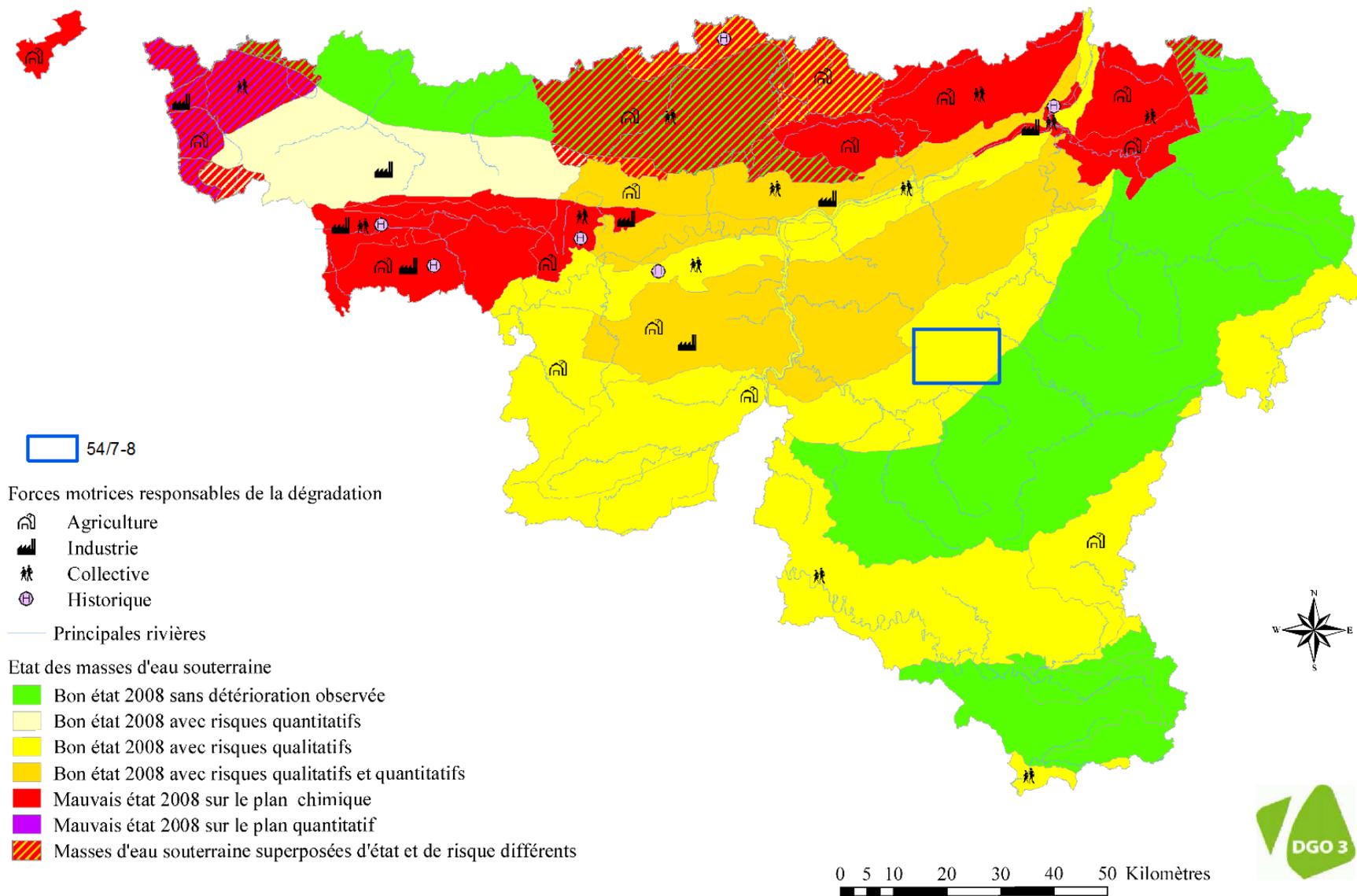


Figure V.6 : Etat des masses d'eau pour l'année 2008 et causes de leur dégradation. Localisation de la carte de Aye - Marche-en-Famenne (SPW-DGO3, 2015)

VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES

La planche Aye - Marche-en-Famenne compte 200 ouvrages. La majorité du volume extrait des eaux souterraines est destinée à la distribution publique d'eau potable. Les autres captages sont principalement exploités pour un usage agricole, industriel, privé ou encore par certaines collectivités. La **Figure VI.1** résume la répartition des ouvrages entre les différentes unités hydrogéologiques.

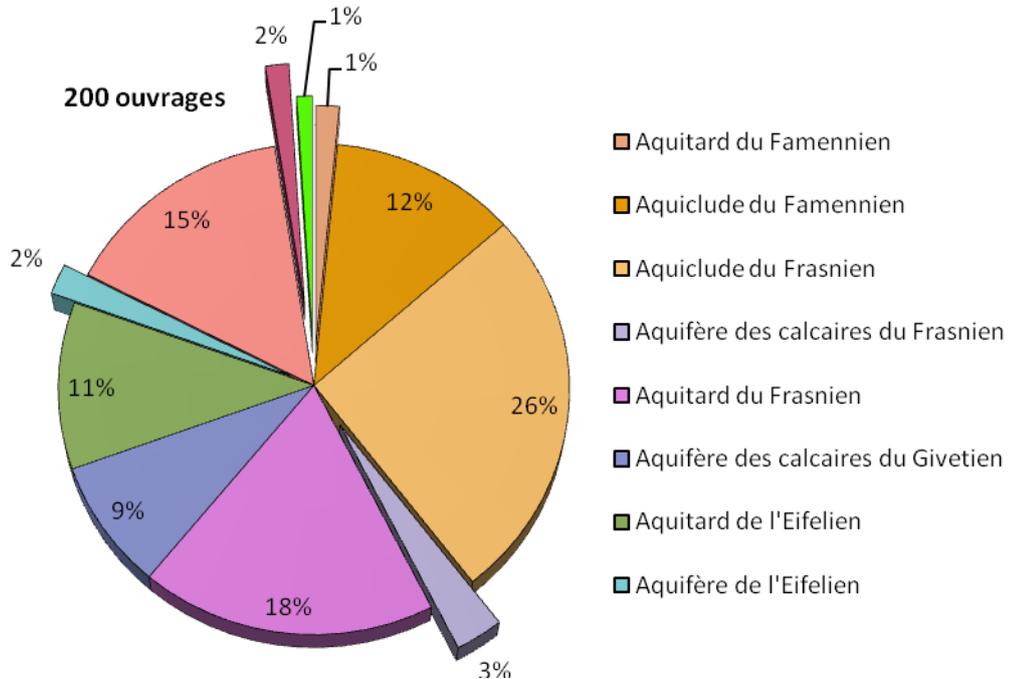


Figure VI.1 : Répartition des ouvrages entre les différentes unités hydrogéologiques de la carte Aye - Marche-en-Famenne

Le document cartographique joint à cette notice contient une carte thématique des volumes qui reprend les volumes prélevés en 2016 ainsi que la moyenne par an entre 2012 et 2016.

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 la production. La Carte des volumes présente, entre autres, les volumes moyens prélevés entre 2012 et 2016 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 des années sans prélèvement.

En 2016, 147 976 m³ ont été prélevés sur l'ensemble des aquifères de la carte 54/7-8, dont 38 857 m³ pour le privé et 109 119 m³ pour la distribution (**Figure VI.2**).

L'essentiel des volumes prélevés l'est donc pour la distribution publique d'eau potable. A l'échelle de la Wallonie, ces volumes sont insignifiants.

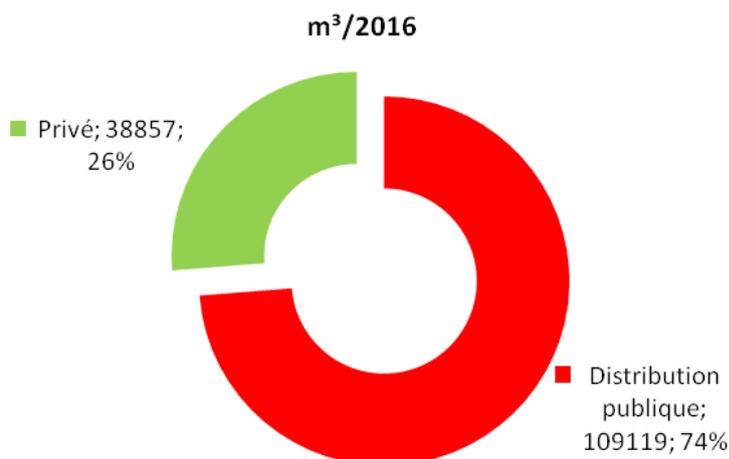


Figure VI.2 : volumes prélevés en 2016 sur la carte 54/7-8 pour la distribution et pour le privé, tous aquifères confondus.

VI.1. VOLUMES PRÉLEVÉS POUR LA DISTRIBUTION PUBLIQUE

En 2016, cinq captages étaient en activité pour la distribution publique d'eau potable sur le territoire de la carte Aye - Marche-en-Famenne (Figure VI.3, Figure VI.4). Ils sollicitent quatre aquifères qui sont, par ordre d'importance :

1. l'Aquifère des calcaires du Givetien, 34% des volumes ;
2. l'Aquitard à niveaux aquiclude du Dévonien inférieur, 30% des volumes ;
3. l'Aquiclude du Famennien, 26% des volumes ;
4. l'Aquitard de l'Eifelien, 10% des volumes.

Les volumes extraits entre 2012 et 2016 restent faibles, à l'échelle de la Wallonie, avec en moyenne 132 094 m³/an pour l'ensemble de ces cinq captages (Figure VI.5).

**Distribution publique d'eau potable
109 119 m³ en 2016**

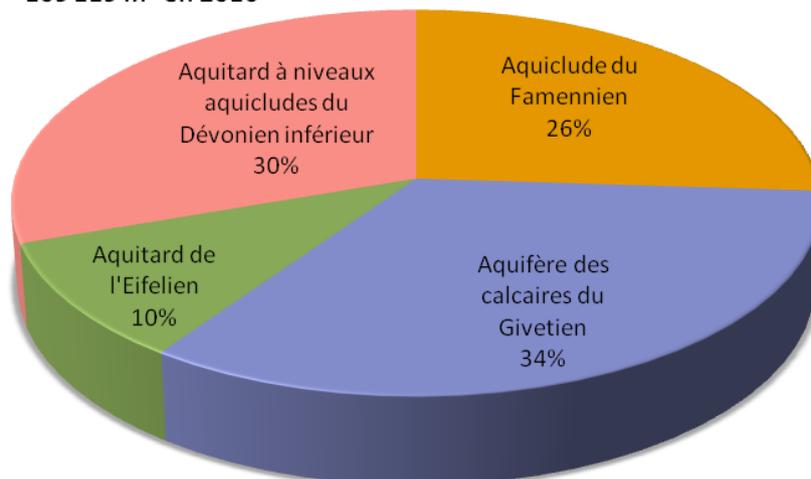


Figure VI.3 : Volumes prélevés pour la distribution publique d'eau potable en fonction des aquifères sollicités sur la carte 54/7-8.

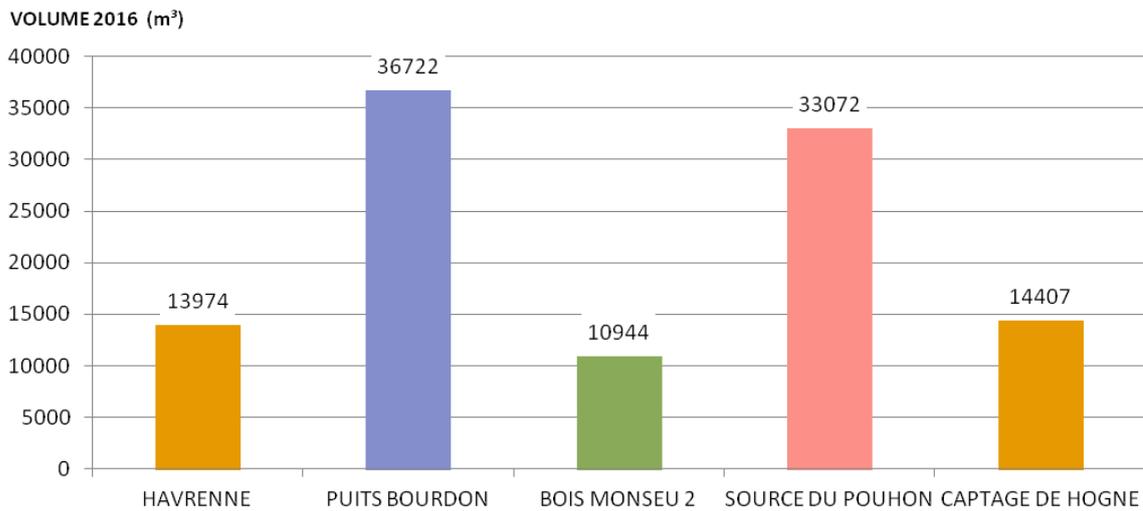


Figure VI.4 : Volumes prélevés en 2016 par les 5 captages de distribution publique de la carte 54/7-8 et aquifère sollicité.

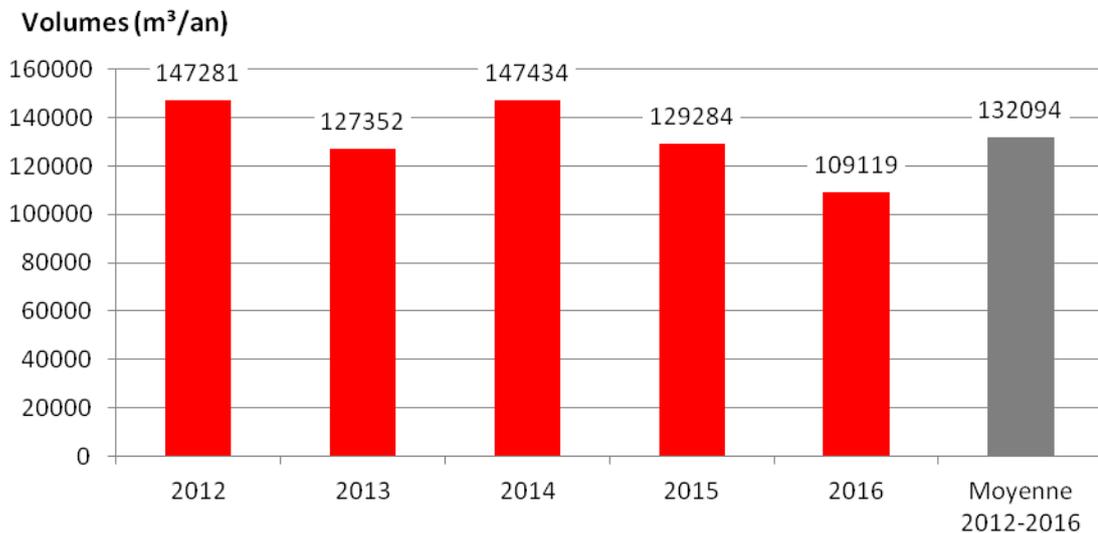


Figure VI.5 : Volumes prélevés pour la distribution publique d'eau potable de 2012 à 2016, sur la carte 54/7-8, tous aquifères confondus et moyenne sur les années 2012-2016.

VI.2. AUTRES VOLUMES CAPTES

Outre la distribution publique, les nappes aquifères sont exploitées pour un usage agricole, domestique ou industriel. En 2016, 38 857 m³ ont été prélevés par les privés, essentiellement dans l'Aquitard du Frasnien (Figure VI.6).

Si en moyenne, entre 2012 et 2016, ce volume s'établit à 128 139 m³/an, il a, en réalité, varié sensiblement et à la baisse semble-t-il (Figure VI.7), passant de 180 291 m³ en 2012 à 38 857 m³ en 2016.

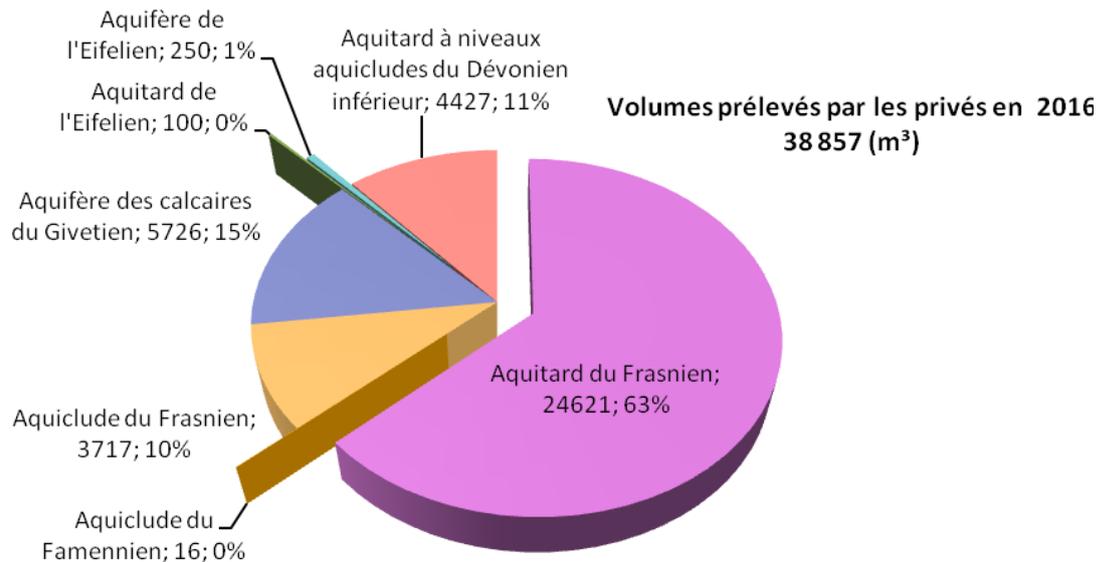


Figure VI.6 : Volumes prélevés en 2016, en fonction des aquifères, pour un usage privé (domestique, agricole, industriel, etc.).

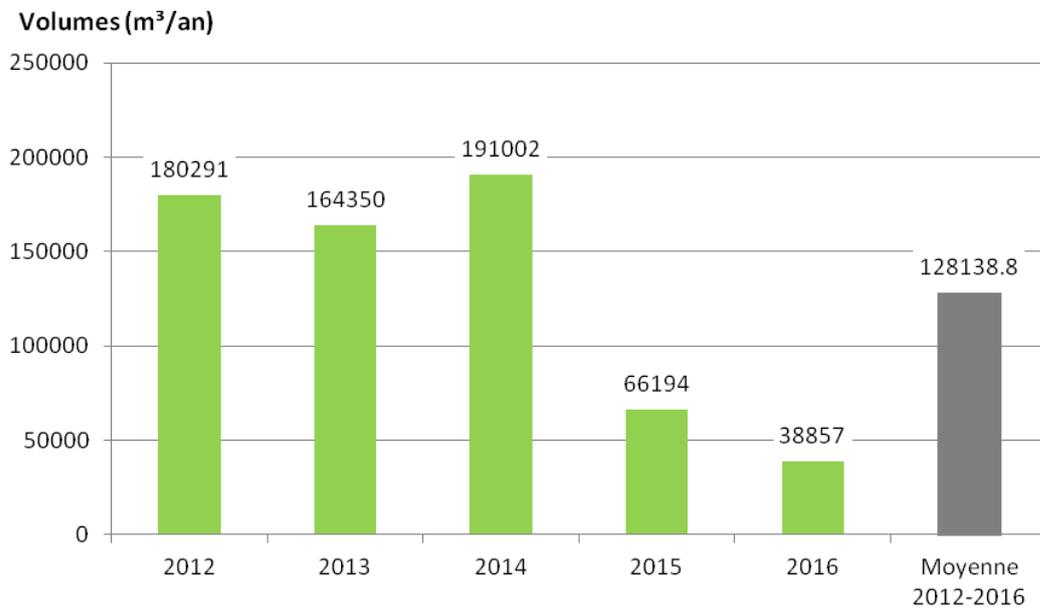


Figure VI.7 : Volumes prélevés par les privés (particulier, agriculteurs, industries) de 2012 à 2016 sur la carte 54/7-8, tous aquifères confondus et moyenne sur les années 2012-2016.

VII. ETUDES GEOPHYSIQUES

Trois zones de prospection géophysique sont référencées sur la planche Aye - Marche-en-Famenne (Figure VII.1), elles concernent :

- le plateau du Gerny (LGIH, 1993) : 9 traînés électriques, 7 sondages électriques, 10 profils magnétométriques. Ces études ont été menées à la demande de la Ville de Rochefort en vue de définir les zones de préventions de la source de Tridaine située au nord (sur la carte IGN 59/3-4 Rochefort - Nassogne) ;
- Marche-en-Famenne, le long de la Nationale 63 (LGIH, 1979, 1980) où des prospections sismiques ont été menées lors de la construction d'un collecteur d'eaux usées ;
- la carrière de Marenne (LGIH, 1996b) où 3 traînés électriques ont permis de déterminer l'extension du gisement.

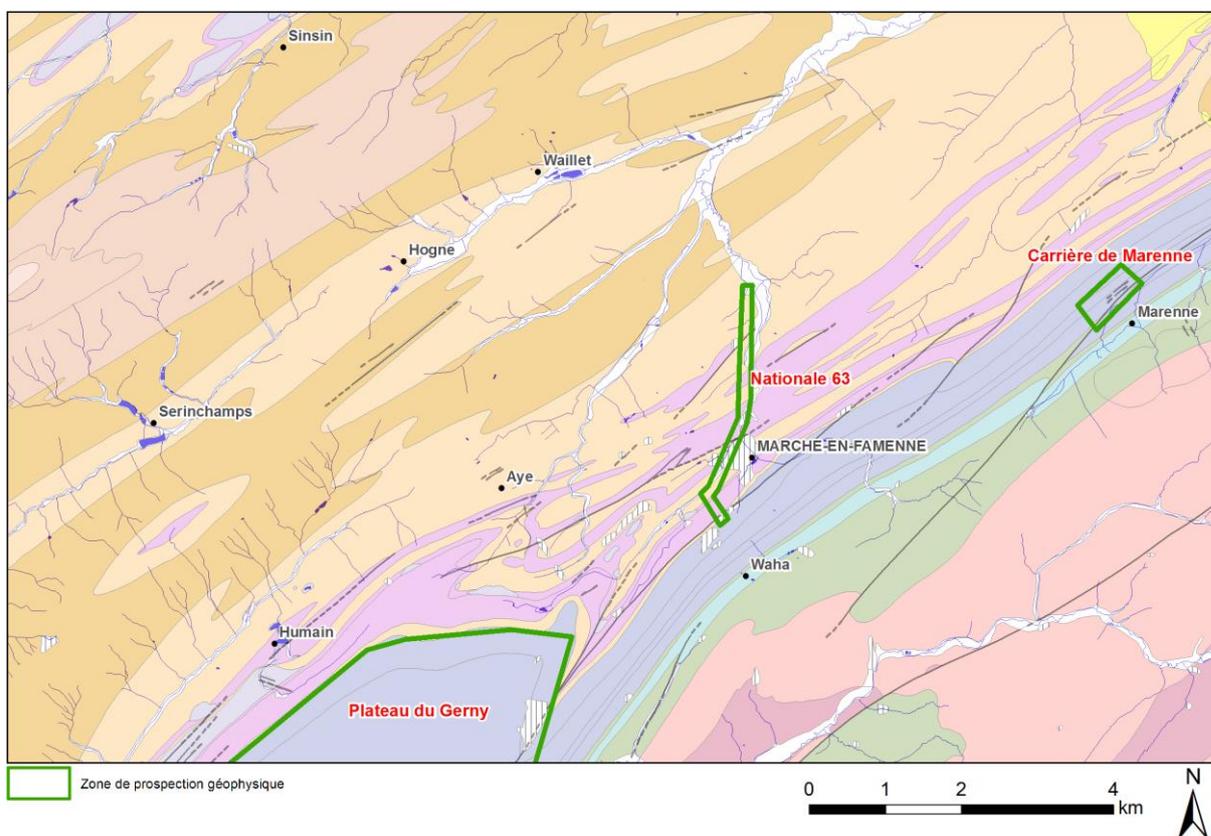


Figure VII.1 : Zones de prospection géophysique de la carte Aye - Marche-en-Famenne

VIII. PARAMETRES HYDROGEOLOGIQUES

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 Wallonie⁸. Les concepts majeurs de l'hydrogéologie y sont abordés de manière simplifiée et quelques références bibliographiques y sont renseignées.

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

⁸ <http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartehydrogeo/concepts.htm>

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

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

Le sous-sol, constitué de terrains meubles ou de roches consolidées, peut aussi être caractérisé par ses porosités. Pour l'écoulement des eaux souterraines, seule la porosité effective (ou efficace) de drainage (n_e), est considérée car sa valeur tient lieu de coefficient d'emmagasinement en nappe libre. A titre indicatif, le [Tableau VIII.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 VIII.3 : Intervalles de valeurs indicatives pour la porosité (n) et la porosité effective de drainage (n_e) de différentes lithologies (échelles macroscopique et 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

VIII.1. PARAMÈTRES D'ÉCOULEMENT

VIII.1.1. DÉPRESSION DE LA FAMENNE

VIII.1.1.1. Camp militaire « Roi Albert » à Marche-en-Famenne

En automne 1995, des essais de pompage de courte durée et de longue durée en simultanéité ont été menés sur les puits « P5 » et « P6 » du site militaire (Figure VIII.1) (LGIH, 1996a). Les débits testés sont compris entre 7,0 et 8,9 m³/h pour P5 et entre 7,1 et 8,8 m³/h pour P6. Les transmissivités ont été calculées, en régime transitoire, par les formules de Theis et de Jacob. Les valeurs de transmissivité obtenues sont comprises entre 0,5 et 4,4×10⁻⁴ m²/s, soit des conductivités hydrauliques de l'ordre de 2,7×10⁻⁶ m/s à 3×10⁻⁷ m/s, avec une épaisseur crépinée de 165 m. Les conductivités hydrauliques de l'aquifère déduites de la formule de Dupuit sont du même ordre de grandeur, soit 2×10⁻⁶ m/s en « P5 » et 1,3×10⁻⁶ m/s en « P6 ». L'aquifère est hétérogène et des zones plus ou moins transmissives sont tour à tour traversées. L'essai de longue durée (21 jours) avec pompage en simultanéité sur les deux puits a permis, entre autres, d'estimer le débit d'exploitation de l'aquifère. Il semble pouvoir être fixé à 8 m³/h par puits, en simultanéité.

Des essais de pompage ont été réalisés en mars 1978 par le SGB sur les puits « P1 », « P2 » et « P3 ». Les transmissivités sont comprises entre 0,8×10⁻⁴ m²/s et 1,9×10⁻⁴ m²/s en pompage (méthode de Jacob) et entre 0,7×10⁻⁴ m²/s et 2,3×10⁻⁴ m²/s en remontée (méthode de Theis). N'ayant aucune information sur les caractéristiques techniques de ces forages, les conductivités hydrauliques moyennes n'ont pu être déduites.

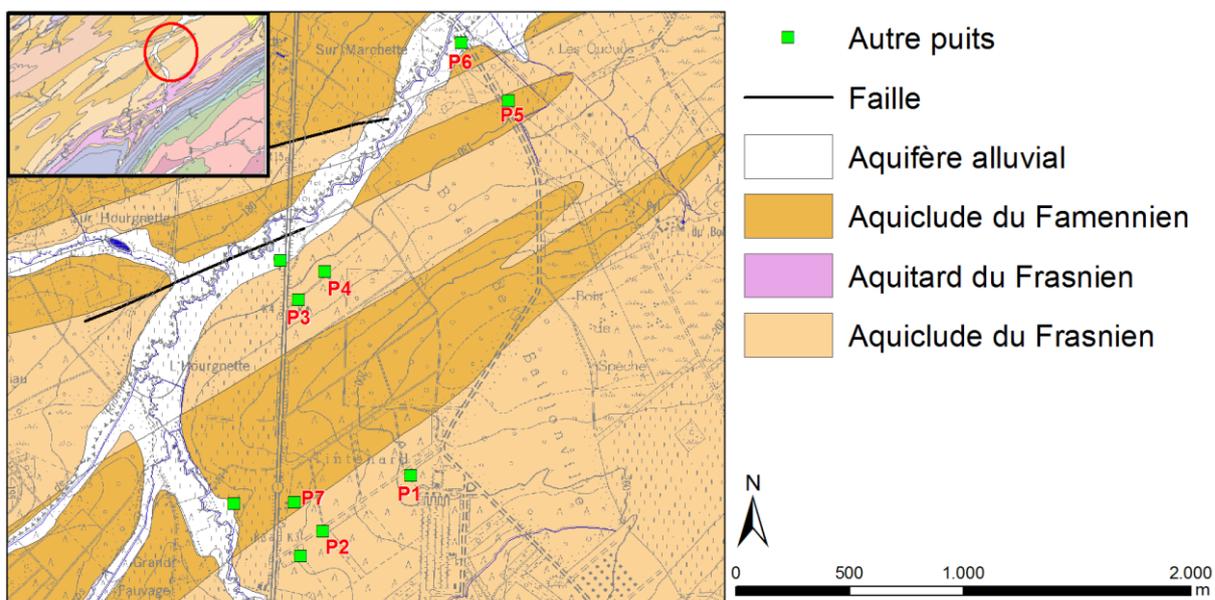


Figure VIII.1 : Situation des puits du camp militaire « Roi Albert » à Marche-en-Famenne

VIII.1.2. CALESTIENNE ET PLATEAU DU GERNY

VIII.1.2.1. Région de Marenne

Des essais de pompage ont été réalisés, en 1985, par le SGB au PUIITS BOURDON-AIEC. Le test a comporté deux paliers enchaînés (Q_1 : 6,88 m³/h pendant 6 jours ; Q_2 : 9,96 m³/h pendant 14 jours) suivis de la remontée (FUL, 1995a). La transmissivité calculée par la méthode de Cooper-Jacob s'étend de $1,4 \times 10^{-3}$ m²/s à $2,5 \times 10^{-3}$ m²/s, soit une conductivité hydraulique moyenne de $2,3 \times 10^{-5}$ m/s à $4,2 \times 10^{-5}$ m/s, avec une épaisseur crépinée de 60 m. Ces valeurs indiquent que l'aquifère calcaire sollicité par le puits Bourdon est bien fissuré (ou karstifié).

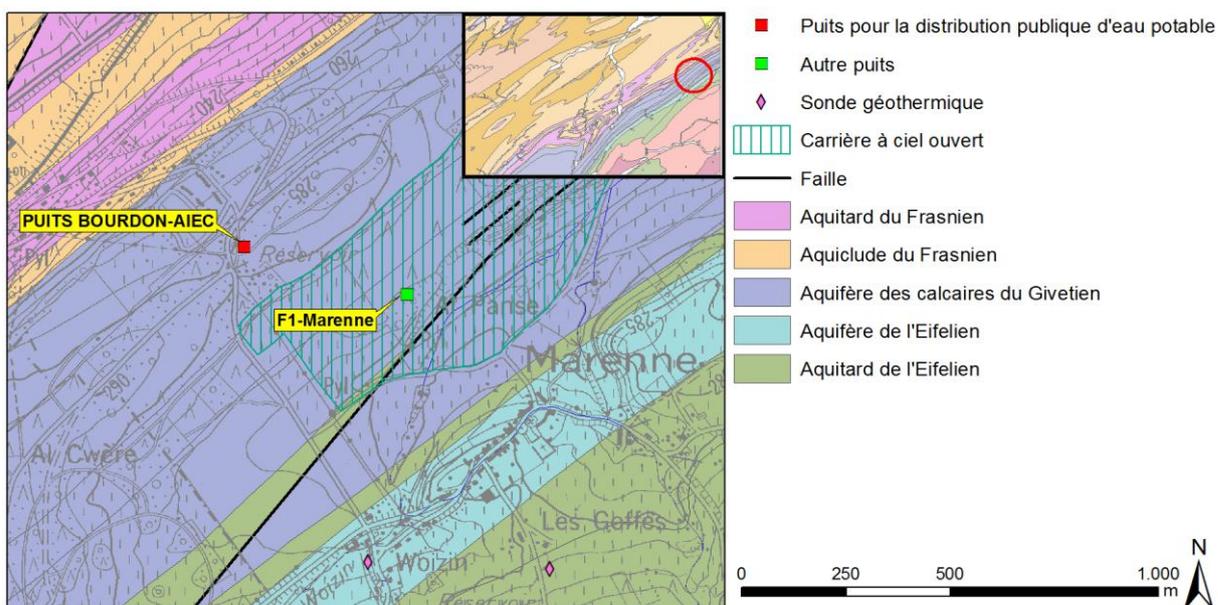


Figure VIII.2 : Situation du « PUIITS BOURDON-AIEC » et de la carrière de Marenne

Dans le cadre de l'étude de l'extension de la carrière de Marenne, des essais de pompage ont été effectués sur le forage de reconnaissance « F1-Marenne » (Figure VIII.2) (LGIH, 1996c). Les paramètres de conductivité hydraulique et de transmissivités calculés par la formule de Dupuit en régime d'équilibre valent respectivement $1,88 \times 10^{-6}$ m/s et $8,45 \times 10^{-5}$ m²/s. Ces valeurs relativement faibles montrent que cet aquifère est constitué de calcaires compacts ou peu fissurés, avec des vitesses d'écoulement faibles (sans commune mesure avec celles observées en milieu karstique).

VIII.1.2.2. Région de Tavy

Les puits testés sont implantés dans les terrains calcaires et calcaro-schisteux du plateau du Gerny (Figure VIII.3), à l'est du village d'Humain. Quelques essais de pompage ont permis de calculer les transmissivités locales.

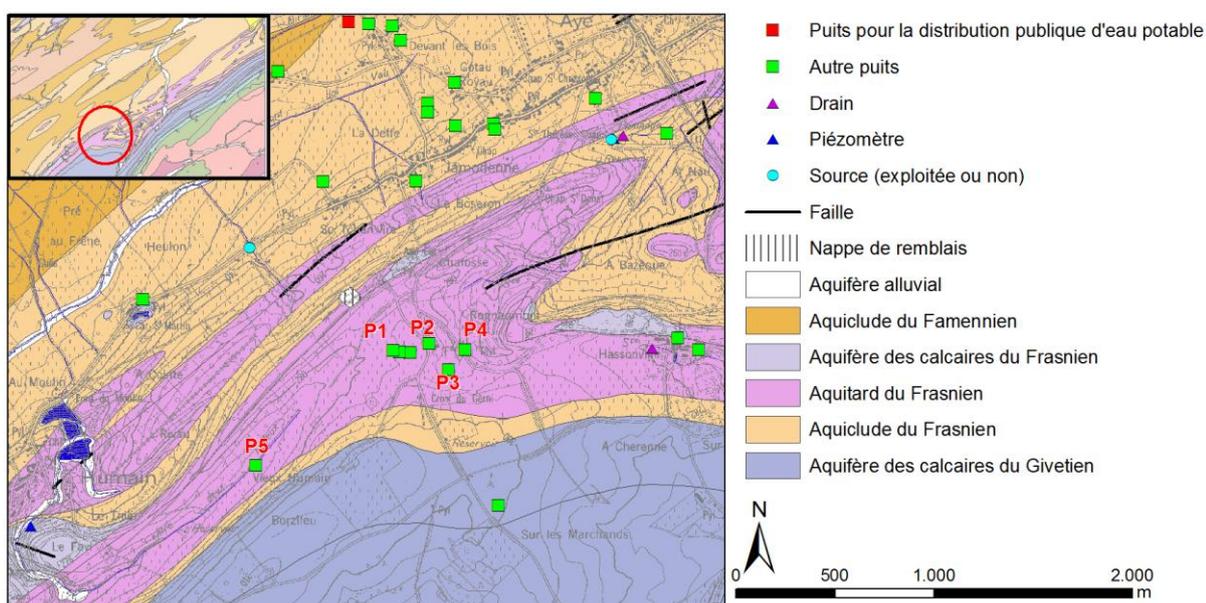


Figure VIII.3 : Situation des puits Tavy « P1 » à « P5 »

Les résultats des essais de pompage sont repris dans le Tableau VIII.4 (Renson, 2002 ; LGIH, 2003, 2004). Les courbes caractéristiques des puits « P1 » et « P2 » montrent que l'on est en présence d'une nappe captive. Cette observation concorde avec les coupes géologiques des puits qui indiquent une couche de schistes surmontant les calcaires. Le puits « P1 » voit sa transmissivité diminuer en fonction du rabattement, tandis que celle du « P2 » augmente. Le cône de rabattement de ce puits atteint des zones plus perméables. Les courbes de remontée des puits « P1 », « P2 » et « P6 » indiquent une meilleure perméabilité dans la zone superficielle de fluctuation de la nappe (les valeurs de transmissivités sont plus élevées que celle obtenues en rabattement).

Tableau VIII.4 : Paramètres d'écoulement de l'aquifère de la région de Tavy

Nom de l'ouvrage	Profondeur (m)	Diamètre (mm)	Hauteur crépinée (m)	Transmissivité T (m ² /s)	Conductivité hydraulique K (m/s)
P1-Tavy	126	125	80	0,488×10 ⁻³ à 3,39×10 ⁻³	0,61×10 ⁻⁵ à 4,24×10 ⁻⁵
P2-Tavy	45	125	13	0,0368×10 ⁻³ à 0,435×10 ⁻³	0,28×10 ⁻⁵ à 3,35×10 ⁻⁵
P4-Tavy	5,5	800	-	0,697×10 ⁻³	-
P5-Tavy	inconnue	150	inconnue	0,006×10 ⁻³ à 0,0136×10 ⁻³	-

VIII.1.2.3. Forage FUNDP 8 Gerny

Dans le cadre du projet Synclin'Eau (*Brouyère et al., 2009*), le « Forage FUNDP 8 Gerny » (*Figure VIII.4*) a fait l'objet d'un essai de pompage de courte durée par paliers enchaînés (3 paliers de 2h et une remontée de 2h) le 5 novembre 2008 (*Geolys, 2008*). Les caractéristiques de l'essai et les résultats sont synthétisés au *Tableau VIII.5*.

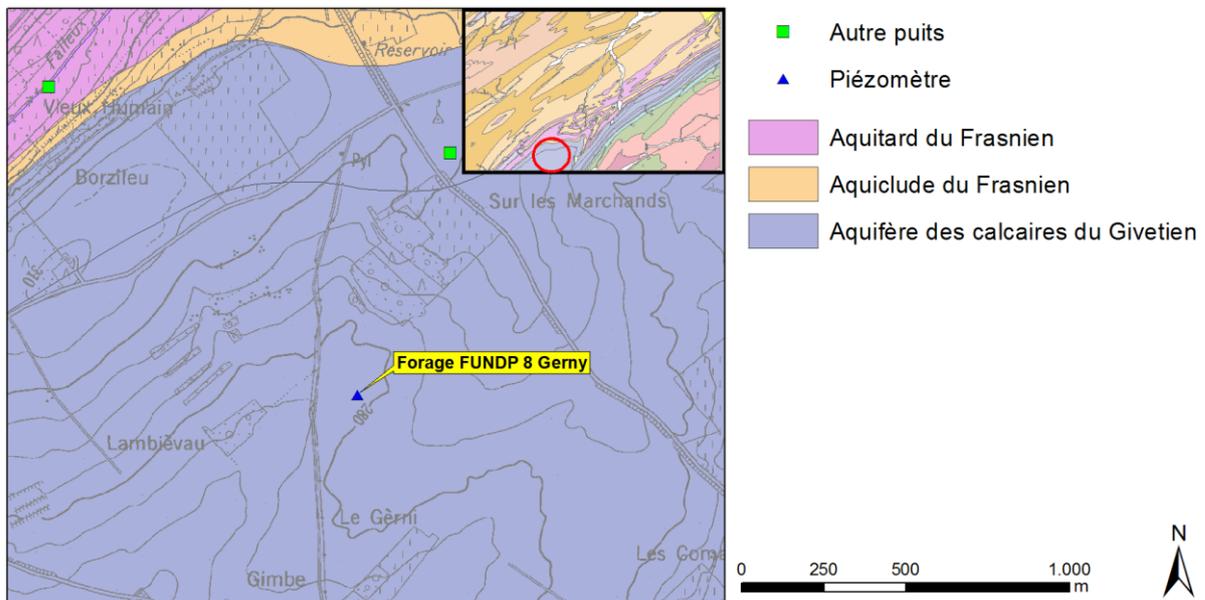


Figure VIII.4 : Localisation du « Forage FUNDP 8 Gerny »

Les résultats de l'essai de pompage par paliers enchaînés ont montré que :

- la courbe caractéristique comporte un point d'inflexion légèrement marqué entre 1 et 1,5 m³/h. On atteint probablement le débit critique. ;
- le diagramme du débit spécifique est une droite oblique caractéristique d'une nappe libre. ;
- les transmissivités en rabattement, sont comprises entre 2,44×10⁻⁵ et 3,68×10⁻⁵ m²/s et la transmissivité en remontée est de 1,25×10⁻⁵ m²/s.
- en considérant une hauteur supposée de l'aquifère de 100 m, la conductivité hydraulique est de l'ordre de 10⁻⁷ m/s.

Tableau VIII.5 : Résultats de l'essai de pompage par paliers enchaînés au « Forage FUNDP 8 Gerny »

Données		Q1	Q2	Q3
Niveau statique initial (m)		33,18	-	-
Débit moyen (m ³ /h)		0,41	0,85	1,93
Temps de pompage (h)		2	2	2
Niveau d'eau en fin de palier (m)		35,37	38,28	49,88
Rabattement total (m)		2,19	5,1	16,7
Rabattement spécifique (m/m ³ /h)		5,368	6,028	0,026
Niveau d'eau en fin de remontée 2h (m)		-	-	34,97
Transmissivité (méthode « Theis with Jacob correction ») (m ² /s)				
Rabattement (m ² /s)	T1 – T2 – T3	3,68x10 ⁻⁵	3,28x10 ⁻⁵	2,44x10 ⁻⁵
Remontée (m ² /s)	T'	1,25x10 ⁻⁵		

VIII.1.3. CONTREFORT DE L'ARDENNE

VIII.1.3.1. Captage de Monseu

En vue de l'exploitation du forage « PUIITS MONSEU 2 » (Figure VIII.5), deux essais de pompage de longue durée ont été menés en 2001 et 2002 à des débits de 5 et 10 m³/h (Coriolis, 2003). Les transmissivités calculées selon la formule de Theis en régime transitoire sont de l'ordre de $0,1 \times 10^{-4}$ m²/s en rabattement comme en remontée, soit $K \approx 0,6 \times 10^{-7}$ m/s (avec une hauteur crépinée de 165 m). La conductivité hydraulique calculée d'après la formule de Dupuit en régime permanent est de $1,3 \times 10^{-7}$ m/s, soit $T = 0,05 \times 10^{-4}$ m²/s (avec une hauteur d'aquifère estimée à 150 m et un rayon d'influence de 100 m).

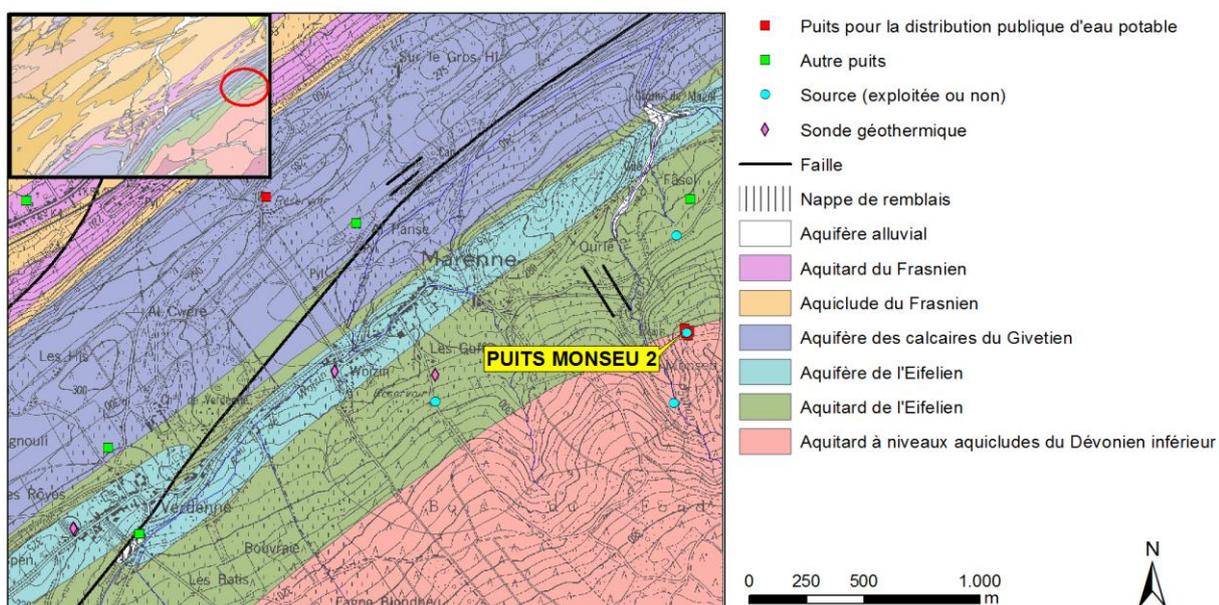


Figure VIII.5 : Situation du « PUIITS MONSEU 2 » à l'est de Marenne

VIII.2. PARAMÈTRES DE TRANSPORT

Sur la carte 54/7-8 d'Aye - Marche-en-Famenne (Figure VIII.6), seuls les écoulements karstiques du plateau du Gerny ont été étudiés selon les méthodes modernes. Les écoulements au niveau des autres sites (Marche-en-Famenne et Marenne) ont été

décrits par coloration, ce qui a permis de démontrer les différentes connections mais pas de définir les paramètres d'écoulement précis.

VIII.2.1. PLATEAU DU GERNY

Plusieurs tests de traçage ont été réalisés sur le plateau du Gerny dans le cadre de l'établissement des zones de prévention des captages de Rochefort (*Renson, 2002 ; Vandemeulebroecke, 2002 ; LGIH, 2003 ; LGIH, 2004*). Le **Tableau VIII.6** reprend les caractéristiques des divers tests menés.

Tableau VIII.6 : Essais de traçage réalisés sur le plateau du Gerny

Site d'injection	Date	Traceur	Quantité injectée (kg)	Récupération	Distance (m)	Résultat du traçage selon l'auteur	Références bibliographiques
Perte 'Entre-deux-Falleux'	12/10/2001	Li	20	Tridaine*	2900	+	Renson, 2002 LGIH, 2003
P2-Tavy	05/08/2005	Fluorescéine	3	P1-Tavy	110	+	Renson, 2002 LGIH, 2003
				Tridaine*	5100	+	
Chantoir 2	11/03/2004	Sr	40	Préhyr*	6200	+	LGIH, 2004
				Jergeay*	5850	+	
				Malagne*	4900	+	
				Tridaine*	4950	-	
Chantoir 4*	11/03/2004	K	65	Préhyr*	5550	+	LGIH, 2004
				Jergeay*	5200	-	
				Malagne*	4300	+	
				Tridaine*	4250	-	
Chantoir 6	11/03/2004	Fluorescéine	8	Préhyr*	5800	+	LGIH, 2004
				Jergeay*	6650	-	
				Malagne*	7100	-	
				Tridaine*	5700	-	
Chantoir 7*	11/03/2004	Li	65	Préhyr*	2950	+	LGIH, 2004
				Jergeay*	2500	+	
				Malagne*	1400	+	
				Tridaine*	2900	-	

*points situés sur la carte Rochefort-Nassogne 59/-3-4

Ces essais ont permis de mettre en évidence que la circulation des eaux souterraines depuis la partie septentrionale du plateau du Gerny (zone Humain-Tavy) s'effectue, entre autres, dans le sens des couches géologiques (NE-SO). Selon ces auteurs, il existerait 3 types de vitesse d'écoulement au sein du plateau du Gerny :

1. Vitesse supérieure à 100 m/h (jusqu'à 400 et 610 m/h) : écoulement via les chenaux karstiques superficiels et éventuellement d'anciennes galeries de mine ;

2. Vitesse comprise entre 10 et 100 m/h : via une zone de karstification notable (joints et diaclases) un peu plus profonde ;
3. Vitesse inférieure à 10 m/h : calcaires fissurés et très peu karstifiés.

Selon la piézométrie de la nappe, l'écoulement se ferait préférentiellement selon l'un ou l'autre de ces niveaux.

L'interprétation de la courbe de restitution de la fluorescéine à Tridaine (injection à Tavy) a permis d'estimer (*Vandemeulebroecke, 2002*) des paramètres de transport peu réalistes et basés sur un taux de restitution extrêmement faible :

- Porosité efficace n_{eff} : 0,002 %
- Dispersivité longitudinale : 3000 m
- Dispersivité transversale : 300 m
- Taux de restitution : 0,2 %

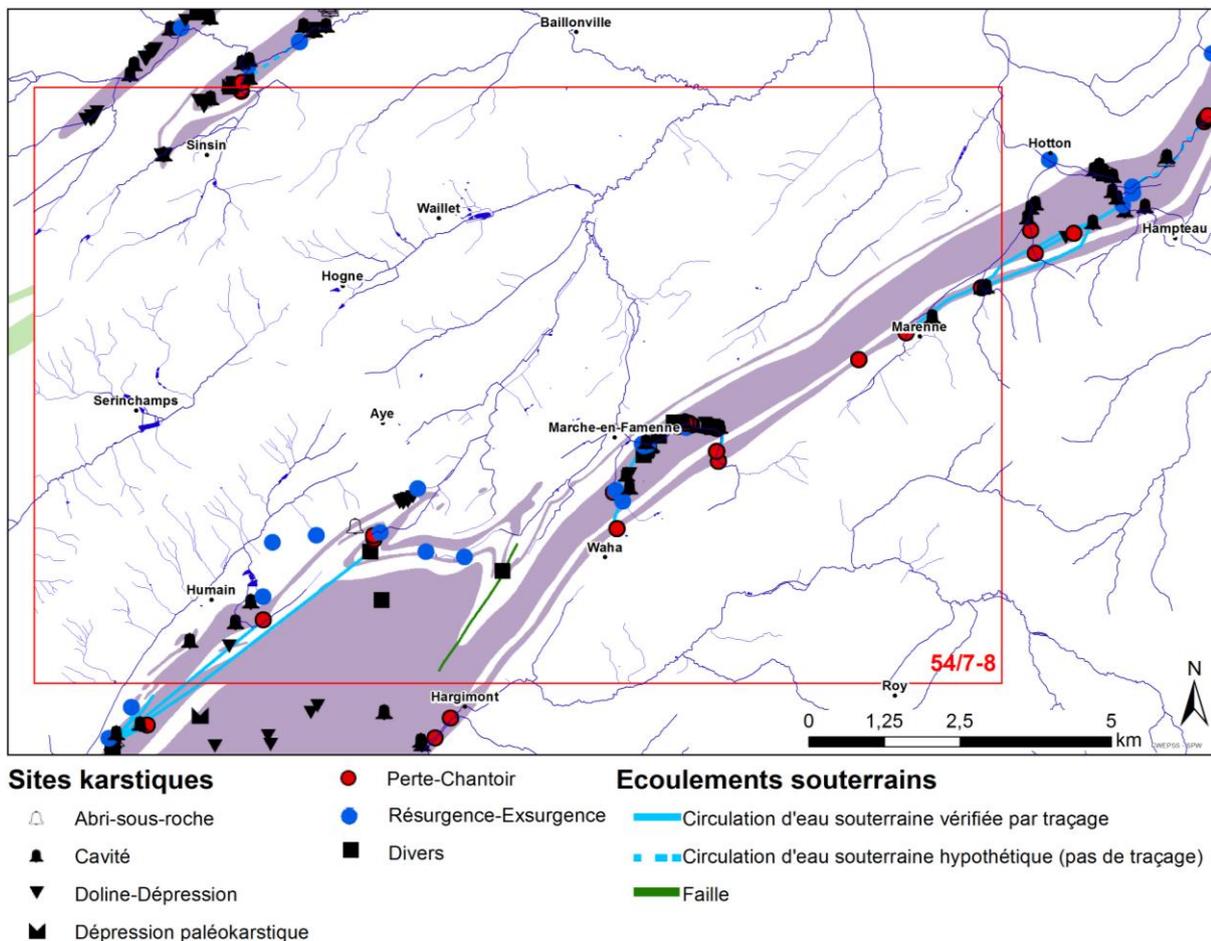


Figure VIII.6 : Sites et écoulements karstiques au droit de la carte 54/7-8

IX. ZONES DE PROTECTION

IX.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 wallonne⁹ 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).

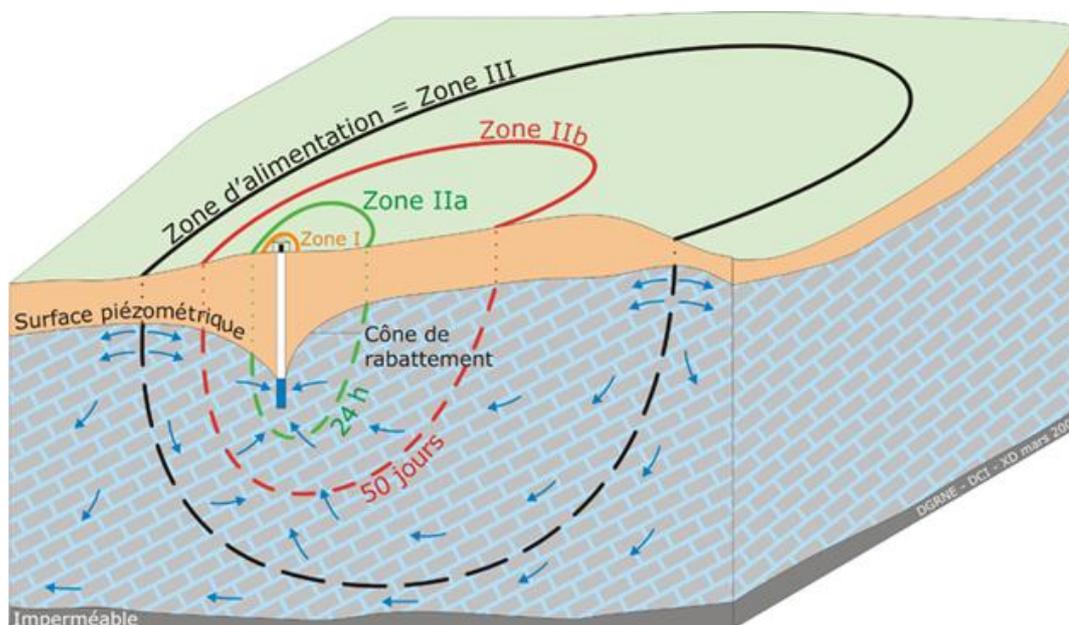


Figure IX.1 : Zones de protection en Région Wallonne¹⁰.

IX.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.

IX.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 ».

⁹ 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).

¹⁰ <http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/index.htm>

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

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

- la **zone de prévention rapprochée ou 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 m à partir des installations de surface, dans le cas d'un puits, et par deux lignes situées à 25 m 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.

- La **zone de prévention éloignée ou zone IIb** : zone comprise entre le périmètre extérieur de la zone IIa et une ligne située à une distance de l'ouvrage de prise d'eau correspondant à un temps de transfert de l'eau souterraine jusqu'au captage égal à 50 jours dans le sol saturé.

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.

IX.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 (I, II, III) peuvent coïncider avec des repères ou des limites topographiques, naturels ou artificiels, rendant leur identification sur le terrain plus aisée.

IX.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 2009¹¹.

La Société publique de Gestion de l'Eau¹² assure la gestion financière des dossiers concernant la protection des eaux potabilisables distribuées par réseaux, par le biais de contrats de service passés avec les producteurs d'eau. Pour financer les recherches relatives à la délimitation des zones de prévention et indemniser tout particulier ou toute société dont les biens doivent être mis en conformité avec la législation, une redevance est prélevée sur chaque m³ fourni par les sociétés de distribution d'eau.

La DGARNE met à la disposition du public un site Internet où sont exposées les différentes étapes nécessaires à la détermination des zones de prévention et de surveillance en Région wallonne¹³.

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 publique¹⁴.

IX.2. ZONES DE PRÉVENTION DE LA CARTE

L'ensemble des captages qui sont destinés à une distribution publique d'eau 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 à la Direction des Eaux Souterraines de la DGARNE et approuvée par arrêté ministériel, 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.

IX.2.1. ZONES DE PRÉVENTION ARRÊTÉES

Sur la planche 54/7-8, trois zones de prévention approuvées par arrêté ministériel (complètes ou partielles) sont présentes. Elles sont détaillées au **Tableau IX.1** et localisées à la **Figure IX.2**.

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

¹² SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999

¹³ <http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas>

¹⁴ http://environnement.wallonie.be/zones_prevention/

Tableau IX.1 : Zones de prévention approuvées par arrêté ministériel sur la planche 54/1-2

Code de la zone	Nom des captages	Date de l'arrêté	Publication au moniteur belge	url arrêté ministériel
AIEC18	Captage de Hogne (El Foye)	12/11/2015	08/12/2015	http://environnement.wallonie.be/legis/eau/easou238.html
AIEC06	Bois Monseu 2, Source du Pouhon - Réservoir les Sangliers, Menil Favay Supérieur, Menil Favay Inférieur, Menil-Favay haut et bas	03/01/2014	28/02/2014	http://environnement.wallonie.be/legis/eau/easou226.html
AC_ROCHEFORT02	Source Tridaine	20/05/2014	12/06/2014	http://environnement.wallonie.be/legis/eau/easou230.html

IX.2.2. ZONES DE PRÉVENTION À DÉFINIR

Sur le territoire de la carte Aye - Marche-en-Famenne, d'autres zones de prévention restent à définir. Ces zones sont symbolisées sur la carte hydrogéologique par un triangle vide, tracé autour des captages toujours exploités pour la distribution publique d'eau (Figure IX.2). Au 31/07/16, les deux captages suivants sont concernés :

- Le puits « HAVRENNE » (Ville de Rochefort) à Humain ;
- Le « PUIS BOURDON » (AIEC) à Marenne.

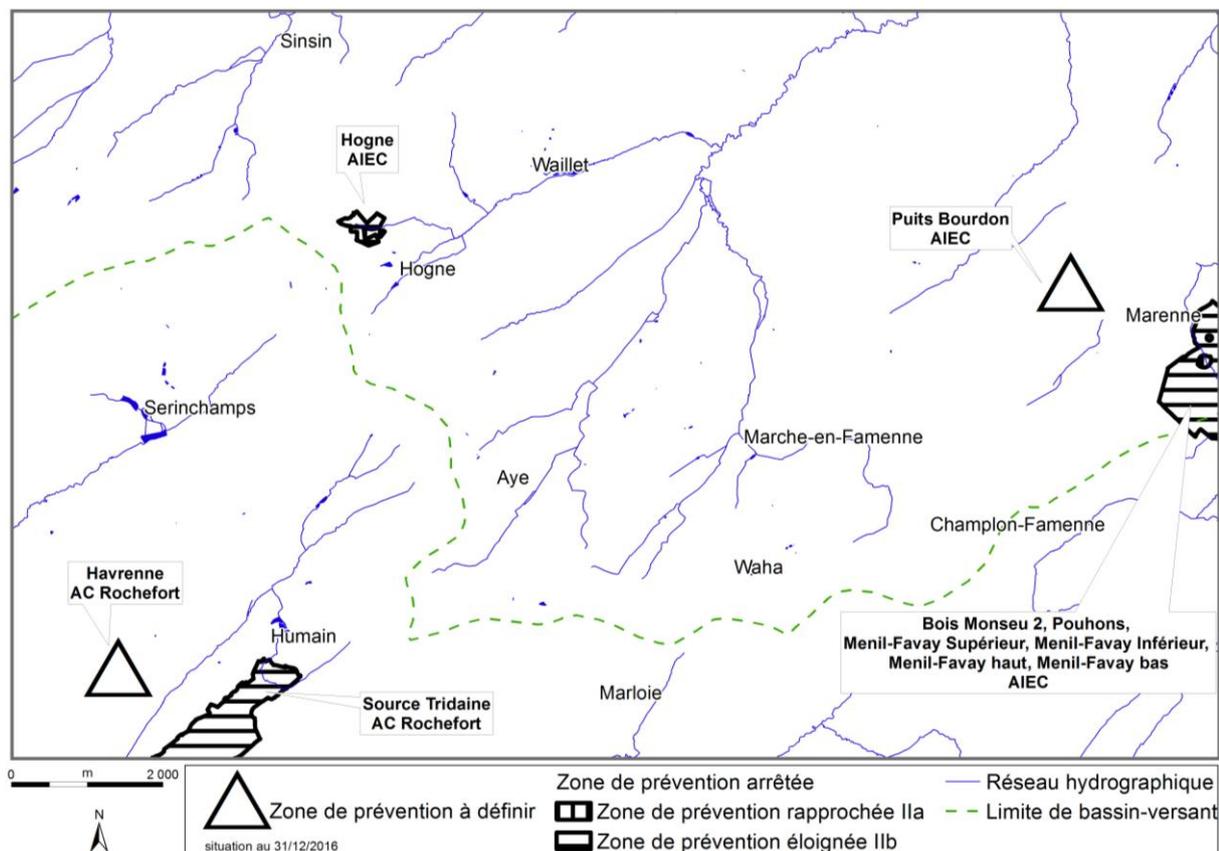


Figure IX.2 : Situation des zones de prévention à définir ou arrêtées sur la planche 54/7-8

X. METHODOLOGIE D'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

Le présent chapitre décrit brièvement les principales sources d'informations géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques disponibles pour la région de Aye - Marche-en-Famenne. Les données collectées sont encodées dans une base de données structurée et mises en cartes.

La méthodologie générale de construction de la carte hydrogéologique de Wallonie est présentée de manière détaillée sur le site Internet du SPW, aux pages dédiées à la carte hydrogéologique¹⁵.

X.1. SOURCES DE DONNÉES

X.1.1. DONNÉES GÉOLOGIQUES ET CONNEXES

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

Les unités hydrogéologiques sont directement dérivées de la carte géologique tracée par L. Barchy et J.M. Marion (2014). Les formations géologiques sont regroupées ou subdivisées en unités hydrogéologiques lorsque leur comportement hydrodynamique est similaire.

Des discontinuités peuvent exister entre cartes voisines, celles-ci résultent d'interprétations lithologiques et donc hydrodynamiques différentes entre cartes et entre auteurs. Les mises à jour ultérieures devraient toutefois permettre une uniformisation.

X.1.2. DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES

Les données proviennent de la DCENN en ce qui concerne la station de jaugeage L7120 (X: 219736, Y: 106631) sur la Marchette.

Deux stations climatiques, propriété de l'IRM, sont présentes sur le territoire de la carte : la station K17 à Marche-en-Famenne (X : 219799, Y: 103121) et la station K90 à Humain (X: 213533, Y: 98439).

X.1.3. DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES

X.1.3.1. Localisation des ouvrages et sources

Au total, 200 ouvrages ont été encodés dans la banque de données. Ces ouvrages comprennent 11 puits de distribution, 7 drain, 130 puits de particuliers ou d'industries, 15 piézomètres, 19 sources à l'émergence, 17 sondes géothermiques et 1 ouvrages de type

¹⁵ <http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartehydrogeo/methodologie.htm>

indéterminé. Ces données proviennent des sociétés de distribution d'eau, des communes, d'agriculteurs, de particuliers, de la banque de données du SPW (*DixSous*) et de la banque de données *BD HYDRO*.

X.1.3.2. Données piézométriques

Les données piézométriques proviennent des données collectées lors de diverses études hydrogéologiques ainsi que des mesures piézométriques effectuées dans le cadre de la réalisation de cette carte, sur des piézomètres et des puits appartenant à des particuliers, des agriculteurs, des industriels ou des sociétés de distribution d'eau. Il y a 1 260 valeurs disponibles sur 65 ouvrages.

Parfois, la répartition de ces mesures a permis de définir des sens d'écoulement des eaux souterraines.

Sur la carte, un ouvrage, équipé d'une station automatisée, fait partie du réseau de surveillance piézométrique du SPW (PIEZ'EAU) : 54/7/9/016, Forage FUNDP 8 –Gerny (mesures horaires consolidées en données journalières).

X.1.3.3. Données hydrochimiques

Les données hydrochimiques ont, pour la plupart, été fournies par la banque de données CALYPSO du SPW ou par la SWDE. Environ 4 100 valeurs de paramètres chimiques ont été encodées dans la banque de données au droit de 23 ouvrages.

X.2. BASE DE DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES

Comme on l'a vu plus haut les données hydrogéologiques sont nombreuses et diversifiées : localisation des prises d'eau, caractéristiques géologiques et techniques, données piézométriques, analyses physico-chimiques, volumes prélevés, données provenant de diagraphies, d'essais de pompage et/ou de traçage, de prospections géophysiques, géologie, etc. Pour une meilleure gestion et utilisation, ces données sont stockées dans des banques de données.

Une partie de ces données proviennent du Service publique de Wallonie via les banques de données « 10-sous¹⁶ », « calypso¹⁷ » et « piez'eau¹⁸ » et certaines d'entre elles sont accessibles gratuitement via le web. Une autre partie des données hydrogéologiques proviennent des bureaux d'étude, des sociétés de distribution, parfois des particuliers et/ou directement de campagnes sur le terrain lors de la réalisation des cartes. Toutes ces données ont été encodées dans *BD HYDRO* (*Wojda et al., 2005*) ; une base de données

¹⁶ <http://carto1.wallonie.be/10SousInt>

¹⁷ Les données hydrochimiques de calypso sont accessibles via 10-sous par « requête géocentrique »

¹⁸ <http://piezo.environnement.wallonie.be>

hydrogéologiques géorelationnelle (Gogu, 2000 ; Gogu et al., 2001). Cette dernière n'est accessible que sur demande via le SPW¹⁹.

X.3. CONSTRUCTION DE LA CARTE HYDROGÉOLOGIQUE

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

X.4. PRÉSENTATION DU POSTER A0

La carte hydrogéologique se compose de plusieurs éléments :

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

X.4.1. CARTE HYDROGÉOLOGIQUE PRINCIPALE

La carte principale comprend plusieurs couches d'information :

- le fond topographique de la carte IGN au 1/10 000 ;
- le réseau hydrographique ;
- les unités hydrogéologiques ;
- les failles ;
- les carrières ;
- la localisation des points d'eau constitués par :
 - des puits des sociétés de distribution d'eau ;
 - des puits de sociétés industrielles ;
 - des puits privés exploités et déclarés au Service Public de Wallonie ;
 - des sources exploitées ou non ;

¹⁹ Direction des eaux souterraines (DESO).

- des puits d'accès aux drains ;
- des piézomètres ;
- des sondes géothermiques ;
- les phénomènes karstiques ponctuels (pertes et résurgences) ;
- les écoulements karstiques reconnus par traçage ;
- les stations limnimétriques ;
- les stations climatiques ;
- les sens probables d'écoulement souterrain lorsqu'ils peuvent être définis ;
- les cotes piézométriques ponctuelles dans les unités hydrogéologiques rencontrées, avec la date de la mesure ;
- les traits localisant le tracé des coupes hydrogéologiques ;
- les zones de prévention IIa et IIb arrêtés par le Gouvernement Wallon ;
- les points de captage en attente de la définition de leur zone de prévention.

X.4.2. CARTE DES INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES ET DES CARACTÈRES DES NAPPES

La « carte des informations complémentaires et du caractère des nappes » présente le caractère (libre, captif, semi-captif) des principaux aquifères et localise les différents sites au droit desquels des données quantitatives ou qualitatives sont disponibles (analyses chimiques, essais de pompage, essais de traçage, diagraphie) ainsi que d'autres informations complémentaires, entre autre, les zones de prospection géophysiques et les zones vulnérables aux nitrates.

X.4.3. CARTE DES VOLUMES PRÉLEVÉS

Cette carte situe l'ensemble des ouvrages recensés et existants en 2016 sur l'étendue de la carte, en discernant :

- les ouvrages (puits, piézomètres, sources, galeries, drains,...) différenciés selon l'aquifère qu'ils sollicitent. Les couleurs des symboles utilisés sont en relation avec la couleur de la nappe sollicitée ;
- les volumes déclarés pour l'année 2016 pour les ouvrages exploités par les sociétés de distribution publique d'eau potable représentés par des pastilles rouges de diamètre proportionnel aux débits captés ;
- les volumes déclarés pour l'année 2016 pour les puits privés exploités par des particuliers ou des industries représentées par des pastilles vertes de diamètre proportionnel aux débits captés ;

- les volumes moyens prélevés, correspondant à la moyenne des cinq dernières années (2012-2016) (basés sur les déclarations des titulaires des prises d'eau). Ils reflètent simplement l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées.

X.4.4. TABLEAU DE CORRESPONDANCE 'GÉOLOGIE – HYDROGÉOLOGIE'

Le tableau lithostratigraphique reprend la liste des différentes formations géologiques et unités hydrogéologiques susceptibles d'être rencontrées sur l'étendue de la carte. La description lithologique des formations géologiques fait référence à la carte géologique de Barchy et Marion (2014).

X.4.5. COUPES HYDROGÉOLOGIQUES

Parmi les éléments présentés sur le poster de la carte hydrogéologiques figurent les coupes hydrogéologiques. Elles permettent de comprendre le contexte géologique et hydrogéologique de la région. Sur les coupes avec l'échelle verticale exagérée d'un facteur 5, des informations sur les niveaux d'eau souterraine ont été ajoutées.

XI. BIBLIOGRAPHIE

Barchy, L. et Marion, J.-M., 2014

Carte géologique de Wallonie, 54/7-8 Aye - Marche-en-Famenne (+ notice explicative). *Service public de Wallonie, Namur, Belgique.*

Bonniver, I., Rekk, S. et Hallet, V., 2013

Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchettes Rochefort – Nassogne n° 59/3-4. *Edition: Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique, Dépôt légal D/2013/12.796/4 – ISBN 978-2-8056-0126-2.*

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. <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. et 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), *Convention RW et SPGE-Aquapole.*

Bultynck, P. et Dejonghe, L., 2001

Devonian lithostratigraphic units (Belgium), *Geologica Belgica, volume 4, number 1-2, 39-69.*

Castany, G., 1998

Hydrogéologie, principes et méthodes, *Dunod, 236 p.*

Coriolis sprl, 2003

Etude hydrogéologique dans le cadre d'une demande d'autorisation de prise d'eau-Mesnil Favay-AIEC.

Dassargues, A., 2010

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

Debbaut, V., Cajot, O., Ruthy, I., Dassargues, A., Hanson, A. et Bouezmarni, M., 2014

Aquifères de l'Ardenne in Watervoerende lagen en grondwater in België / Aquifères et eaux souterraines en Belgique. *Dassargues, A. & Walraevens, K. (eds.). Gent: Academia Press, Partie 1 - Chapitre 24, 299 - 314.*

de Béthune, P., 1961

Carte de la géologie de la Belgique in Atlas de Belgique, planche 8. Académie royale de Belgique, Comité national de géographie, Commission de l'Atlas national, Bruxelles.

De Broyer, C., Thys, G., Fairon, J. et Michel, G., 2002

Atlas du Karst Wallon. Haute Meuse, *DGRNE – CWEPS.*

Dejonghe, L., 2007

Guide de lecture des cartes géologiques de Wallonie, *Ministère de la Région Wallonne, 3^{ème} édition, 51 p.*

de Marsily, G., 2004

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

DGARNE-Direction des Eaux souterraines et Protectis-Cellule DCE., 2010

Directive cadre de l'eau. Etat des lieux des districts hydrographiques. Fiches de caractérisation des masses d'eau souterraine. <http://spw.wallonie.be/dce/fme/RWM023.pdf> (juin 2010)

Droeven, E., Feltz, C. et Kummert, M., 2004

Les territoires paysagers de Wallonie, Conférence permanente du développement territorial, Etudes et Documents 4, M.R.W., 68 p.

Fetter, C. W., 2001

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

Foucault, A. et Raoult, J. F., 1995

Dictionnaire de géologie, 4^{ème} édition, Masson.

FUL, 1992

Rapport technique sur le type et la nature de la nappe aquifère du puits de la société coopérative agricole belge (SOCABEL) à Marche. *Rapport d'expertise*.

FUL, 1995a

Rapport technique sur le type et la nature de la nappe aquifère du puits de Bourdon, réalisé à la demande de l'adm. com. de Hotton.

FUL, 1995b

Rapport technique sur le type et la nature de la nappe aquifère de la source de Marenne, réalisé à la demande de l'adm. com. de Hotton.

Geolys, 2008

Rapport technique du forage « FUNDP 8 – Gerny ». *Rapport D470*, 5p.+annexes.

Gesels, J., Nogarède, P., Hallet, V. et Brouyère, S., 2014

Calcaires et grès du Synclinorium de Dinant *in* Watervoerende lagen en grondwater in België / Aquifères et eaux souterraines en Belgique. *Dassargues, A. & Walraevens, K. (eds.). Gent: Academia Press, Partie 1 - Chapitre 22, 257 - 274.*

Gogu, R. C., 2000

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

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.

Leblanc, E., 1956

Note sur la faille de Lamsoul (bord oriental du bassin de Dinant), *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, 20, 27-46.

Leblanc, E., 1977

Note complémentaire sur la faille de Lamsoul: la tranchée du bois de Nolaumont, *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, 29, 317-325.

LGIH, 1979

Collecteur de Marche-en-Famenne, Prospection sismique, Premier tronçon-Waha Station d'épuration. *Rapport MAR/791*.

LGIH, 1980

Collecteur de Marche-en-Famenne, Prospection sismique, Deuxième tronçon-Waha Station d'épuration. *Rapport MAR/801*.

LGIH, 1993

Ville de Rochefort, Plateau du Gerny, Prospection géophysique. *Rapport ROCH 931*.

LGIH, 1995

Puits de Roy (Marche), Pompages d'essai. *Rapport ROY/951*.

LGIH, 1996a

Marche-en-Famenne, Camp Roi Albert, Pompages d'essai. *Rapport CMM/961*.

LGIH, 1996b

Carrière de Marenne, Etude de l'extension du gisement, Prospection géophysique. *Rapport MARE/961*.

LGIH, 1996c

Carrière de Marenne, Etude de l'extension du gisement, Etude hydrogéologique. *Rapport MARE/962*.

LGIH, 2003

Ville de Rochefort, Etude hydrogéologique du plateau du Gerny en vue de la protection de son aquifère (étude complémentaire à celle menée dans le cadre de la protection de la source de Tridaine). *Rapport ROCH/2003-01*.

LGIH, 2004

Ville de Rochefort, Plateau du Gerny, Zones de prévention autour des captages de Tridaine, Préhyr, Jergeay et La Malagne. *Rapport ROCH/2004-02*.

Meinzer, O. E., 1923

Outline of ground-water hydrology, with definitions, *U.S. Geol. Survey, Water-Supply Paper, 494*, 1-71.

Michel, G. et Thys, G., 2015

Atlas du Karst Wallon. Bassin de la Lesse Calestienne, *CWEPSS, La Hulpe*.

Nogarède, P., Vanbrabant, Y., Rekk, S. et Hallet, V., 2007

Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchettes Achêne - Leignon n° 54/5-6. Edition: Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique, Dépôt légal D/2007/12.796/2 - ISBN 978-2-8056-0055-5.

Pereira, B. et Sonnet, P., 2007

La contamination diffuse des sols par les éléments traces métalliques en Région wallonne, Dossier scientifique réalisé dans le cadre de l'élaboration du Rapport analytique 2006-2007 sur l'état de l'environnement wallon, UCL, 27 p.

Pfannkuch, H-O., 1990

Elsevier's Dictionary of Environmental Hydrogeology, *Elsevier*.

Piper, A. M., 1944

A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses, *Transactions, American Geophysical Union, 25*, 914-923.

Poehls, D. J. & Smith, G.J., 2009

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

Renson, A., 2002

Hydrogéologie du plateau du Gerny entre Marche et Rochefort, Travail de fin d'études, Sciences Appliquées, Université de Liège, non publié.

SPAQuE, 2000

Site de Marche-en-Famenne (Lx2504-001) [Brochure synthèse des actions de SPAQuE](http://www.walsols.be/pdfs/12580/4075.pdf). <http://www.walsols.be/pdfs/12580/4075.pdf>

SPW-DGO3, 2015

Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie. Edition : Service Public de Wallonie, DGO3 (DGARNE), Belgique. Dépôt légal D/2014/11802/11 – ISBN 978-2-8056-0142-2.

Stiff, H. A., J. R., 1951

The interpretation of chemical water analysis by means of patterns, *Journal of petroleum technology, 3*, 15-17.

Thorez, J., Dreesen, R. et Streeel, M., 2006

Famennian, *Geologica Belgica, volume 9, number 1-2*, 27-45.

Thorntwaite, C. W. & Mather, J. R., 1955

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

UNESCO-OMM, 1992

Glossaire international d'hydrologie, en quatre langues (Anglais, Espagnol, Français, Russe), *Seconde édition, UNESCO-OMM, Paris/Genève.*

Vandemeulebroecke, Y., 2002

Etude d'un bassin hydrogéologique à Chercq (Tournai) – Modélisation du bassin d'alimentation de la source de Tridaine (Rochefort), *Travail de fin d'études, Sciences Appliquées, Université de Liège, non publié.*

Wojda, P., Dachy, m., Popescu, C., Ruthy, I., Gardin, N, Brouyère, S. & Dassargues, A., 2005

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

XII. ANNEXES

XII.1. LISTE DES ABRÉVIATIONS

AIEC : Association Intercommunale des Eaux du Condroz

Rue des Scyoux, 20 à 5361 SCY

<http://www.eauxducondroz.be/>

DGARNE : Service Public de Wallonie (SPW). 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/>

Direction des Eaux Souterraines

Depuis le 1^{er} août 2008, 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 (DGO3) dont les domaines de compétences sont l'Agriculture, les Ressources naturelles et l'Environnement. La Direction des Eaux Souterraines est incluse dans le Département de l'Environnement et de l'Eau.

DCENN : Direction des Cours d'Eau Non Navigables

IRM : Institut Royal Météorologique, Section Climatologie

Avenue Circulaire, 3 à 1180 BRUXELLES

<http://www.meteo.oma.be/IRM-KMI/>

SGB : Service Géologique de Belgique

Département VII de l'Institut royal des Sciences Naturelles de Belgique

Rue Jenner, 13 à 1000 BRUXELLES

<http://www.sciencesnaturelles.be/geology>

XII.2. TABLE DES ILLUSTRATIONS

XII.2.1. FIGURES

<i>Figure I.1 : Localisation de la carte Aye – Marche-en-Famenne (planche IGN 54/7-8).....</i>	<i>5</i>
<i>Figure II.1 : Occupation du sol et réseau routier principal de la carte Aye – Marche-en-Famenne</i>	<i>7</i>
<i>Figure II.2 : Contexte géomorphologique général de la Belgique et situation de la carte 54/7-8 Aye – Marche-en-Famenne</i>	<i>8</i>
<i>Figure II.3 : Zoom sur la planche 54/7-8 Aye – Marche-en-Famenne et situation des principaux ensembles géomorphologiques.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure II.4 : Carte du réseau hydrographique et des bassins versants de la région de Aye - Marche-en-Famenne</i>	<i>10</i>
<i>Figure III.1 : Localisation de la planche 54/7-8 Aye – Marche-en-Famenne sur la carte géologique en Wallonie (d'après de Béthune, 1961, modifié).....</i>	<i>11</i>
<i>Figure III.2 : Situation dans le transect nord – sud des Synclinoria de Dinant et de Neufchâteau, durant le dépôt du Dévonien inférieur (d'après Boulvain et Pingot, 2011, modifié)</i>	<i>16</i>
<i>Figure III.3 : Formations du Dévonien moyen au sud du Synclinorium de Dinant (d'après Bultynck et Dejonghe, 2001 ; modifié).</i>	<i>17</i>
<i>Figure III.4 : Coupe transversale du Frasnien dans le Synclinorium de Dinant (d'après Bultynck et Dejonghe, 2001 ; modifié)</i>	<i>19</i>
<i>Figure III.5 : Répartition des formations famenniennes et situation de la région de Aye - Marche-en-Famenne (d'après Bultynck et Dejonghe, 2001, modifié, inspiré des travaux de Thorez et al., 2006).</i>	<i>21</i>
<i>Figure III.6 : Carte structurale simplifiée d'Aye - Marche-en-Famenne.....</i>	<i>25</i>
<i>Figure IV.1 : Différents types de porosité dans les roches meubles et cohérentes (d'après Meinzer, 1923)</i>	<i>27</i>
<i>Figure IV.2 : Masses d'eau souterraine en Wallonie et situation de la carte de Aye - Marche-en-Famenne (d'après S`W-DGO3, 2015).....</i>	<i>28</i>
<i>Figure IV.3 : Ensemble des phénomènes karstiques recensés sur la carte Aye - Marche-en-Famenne (d'après De Broyer et al., 2002 ;Michel et Thys, 2015).....</i>	<i>36</i>
<i>Figure IV.4 : Situation des phénomènes karstiques répertoriés dans le plateau du Gerny sur la carte Aye - Marche-en-Famenne.....</i>	<i>37</i>
<i>Figure IV.5 : Pertes, résurgences et écoulement souterrain au « Fond des Vaulx » à Marche-en-Famenne.....</i>	<i>38</i>
<i>Figure IV.6 : Situation des phénomènes karstiques répertoriés aux environs de la localité de Marenne.....</i>	<i>39</i>
<i>Figure IV.7 : Principaux phénomènes karstiques de l'anticlinal de Sinsin</i>	<i>40</i>
<i>Figure IV.8 : Entités hydrogéologiques de la carte Aye - Marche-en-Famenne.....</i>	<i>41</i>
<i>Figure IV.9 : Situation du puits « DEVANT LES BOIS » aux environs d'Aye</i>	<i>43</i>
<i>Figure IV.10 : Situation du « PUIITS GEORGIN » au nord-ouest de Marche-en-Famenne</i>	<i>44</i>
<i>Figure IV.11 : Situation des puits forés ayant fait l'objet de mesures piézométriques dans la dépression de la Famenne</i>	<i>45</i>
<i>Figure IV.12 : Situation du « PUIITS BOURDON-AIEC » et du forage « F1-Marenne »</i>	<i>47</i>
<i>Figure IV.13 : Situation du piézomètre « Forage FUNDP 8 Gerny » dans le plateau du Gerny.....</i>	<i>48</i>
<i>Figure IV.14 : Evolution piézométrique du « Forage FUNDP 8 Gerny » (Z_{réf.} 277 m) de 2011 à 2016</i>	<i>48</i>

Figure IV.15 : Sources alimentées principalement par le manteau d'altération (Debbaut et al., 2014).....	50
Figure IV.16 : Sources alimentées principalement par la nappe profonde (Debbaut et al., 2014)	50
Figure IV.17 : Situation des puits « Socabel-P1 » et « Socabel-P2 »	52
Figure IV.18 : Coupes hydrogéologiques de la carte Aye - Marche-en-Famenne	53
Figure IV.19 : Représentation schématique des différents types de nappes (d'après Dejonghe, 2007, modifié) ..	54
Figure IV.20 : Situation des carrières sur la carte Aye - Marche-en-Famenne	55
Figure V.1 : Localisation des sites où des données hydrochimiques sont disponibles et décrites dans le chapitre V	58
Figure V.2 : Classification hydrochimique des eaux de la carte Natoye – Ciney sur le diagramme de Piper.....	62
Figure V.3 : Diagramme de Stiff reprenant les eaux analysées de la carte de Aye - Marche-en-Famenne (d'après Stiff, 1951)	63
Figure V.4 : Zones vulnérables aux nitrates arrêtées en Wallonie et teneurs moyennes en nitrates de 2008 à 2011 sur les ouvrages du réseau de surveillance du Service Public de Wallonie. Localisation de la carte de Aye - Marche-en-Famenne (SPW-DGO3, 2015)	64
Figure V.5 : Evolution de la teneur en nitrates (1993-2013) pour quelques ouvrages de la carte Aye - Marche-en-Famenne.....	65
Figure V.6 : Etat des masses d'eau pour l'année 2008 et causes de leur dégradation. Localisation de la carte de Aye - Marche-en-Famenne (SPW-DGO3, 2015)	70
Figure VI.1 : Répartition des ouvrages entre les différentes unités hydrogéologiques de la carte Aye - Marche-en-Famenne.....	71
Figure VI.2 : volumes prélevés en 2016 sur la carte 54/7-8 pour la distribution et pour le privé, tous aquifères confondus.	72
Figure VI.3 : Volumes prélevés pour la distribution publique d'eau potable en fonction des aquifères sollicités sur la carte 54/7-8.	72
Figure VI.4 : Volumes prélevés en 2016 par les 5 captages de distribution publique de la carte 54/7-8 et aquifère sollicité.....	73
Figure VI.5 : Volumes prélevés pour la distribution publique d'eau potable de 2012 à 2016, sur la carte 54/7-8, tous aquifères confondus et moyenne sur les années 2012-2016.	73
Figure VI.6 : Volumes prélevés en 2016, en fonction des aquifères, pour un usage privé (domestique, agricole, industriel, etc.)	74
Figure VI.7 : Volumes prélevés par les privés (particulier, agriculteurs, industries) de 2012 à 2016 sur la carte 54/7-8, tous aquifères confondus et moyenne sur les années 2012-2016.	74
Figure VII.1 : Zones de prospection géophysique de la carte Aye - Marche-en-Famenne.....	75
Figure VIII.1 : Situation des puits du camp militaire « Roi Albert » à Marche-en-Famenne.....	79
Figure VIII.2 : Situation du « PUIITS BOURDON-AIEC » et de la carrière de Marenne	79
Figure VIII.3 : Situation des puits Tavy « P1 » à « P5 »	80
Figure VIII.4 : Localisation du « Forage FUNDP 8 Gerny »	81
Figure VIII.5 : Situation du « PUIITS MONSEU 2 » à l'est de Marenne.....	82
Figure VIII.6 : Sites et écoulements karstiques au droit de la carte 54/7-8.....	84
Figure IX.1 : Zones de protection en Région Wallonne.	85

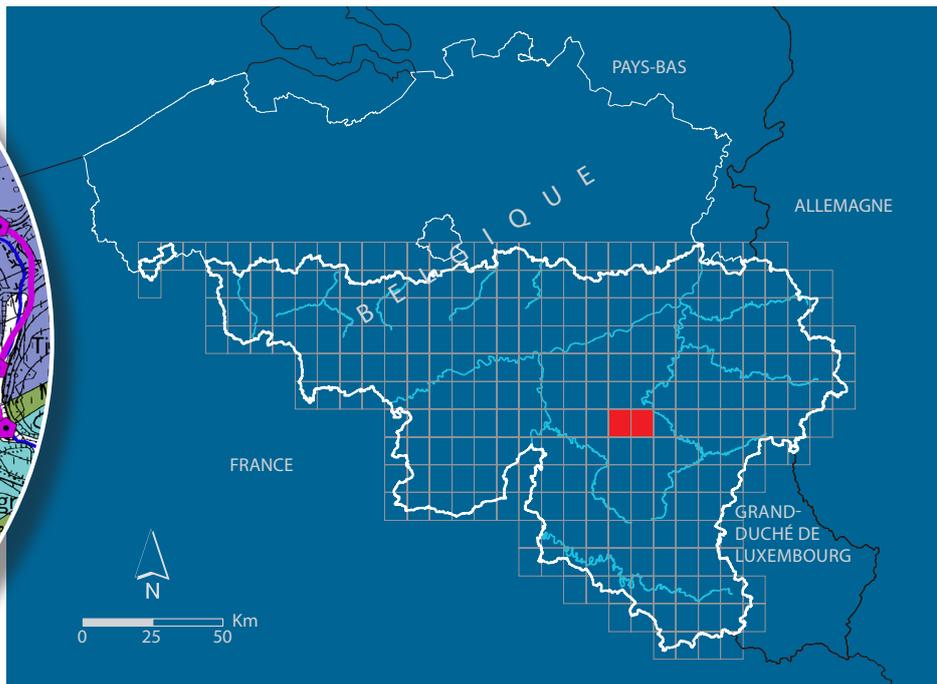
Figure IX.2 : Situation des zones de prévention à définir ou arrêtées sur la planche 54/7-8.....	88
--	----

XII.2.2. TABLEAUX

Tableau III.1 : Tableau lithostratigraphique (1/2) de la carte Aye - Marche-en-Famenne d'après Barchy et Marion (2014).	13
Tableau IV.1 : Porosité totale, porosité efficace et perméabilité des principaux types de roches (d'après Castany, 1998).....	27
Tableau IV.2 : Tableau de correspondance entre la géologie et l'hydrogéologie de la carte Aye - Marche-en-Famenne.	29
Tableau IV.3 : Synthèse des mesures piézométriques réalisées dans les puits forés de la dépression de la Famenne	45
Tableau IV.4 : Bilan hydrométéorologique (oct. 94 – sept. 95, station IRM de Rochefort)	51
Tableau V.1 : Caractéristiques hydrochimiques des eaux souterraines de la dépression de la Famenne	59
Tableau V.2 : Caractéristiques hydrochimiques des eaux souterraines de la Calestienne et du plateau du Gerny.....	60
Tableau V.3 : Caractéristiques hydrochimiques des eaux souterraines du contrefort de l'Ardenne	61
Tableau V.4 : Résultats des analyses microbiologiques (avant traitement) pour quelques ouvrages de la région d'Aye - Marche-en-Famenne.....	66
Tableau V.5 : Teneurs en pesticides principaux (famille des herbicides) pour quelques captages de la région d'Aye - Marche-en-Famenne.....	67
Tableau V.6 : Teneurs en ETM pour quelques ouvrages de la région de Aye - Marche-en-Famenne	67
Tableau V.7 : Valeurs seuils des paramètres chimiques intervenant dans la dégradation des masses d'eau souterraines.....	68
Tableau VIII.1 : Valeurs du coefficient de perméabilité en fonction de la granulométrie (Castany, 1998).....	77
Tableau VIII.2 : Intervalles de valeurs indicatives pour la conductivité hydraulique de différentes lithologies (échelles macroscopique et mégascopique) (Dassargues, 2010)	77
Tableau VIII.3 : Intervalles de valeurs indicatives pour la porosité (n) et la porosité effective de drainage (n_e) de différentes lithologies (échelles macroscopique et mégascopique) (Dassargues, 2010)	78
Tableau VIII.4 : Paramètres d'écoulement de l'aquifère de la région de Tavy.....	81
Tableau VIII.5 : Résultats de l'essai de pompage par paliers enchaînés au « Forage FUNDP 8 Gerny ».....	82
Tableau VIII.6 : Essais de traçage réalisés sur le plateau du Gerny	83
Tableau IX.1 : Zones de prévention approuvées par arrêté ministériel sur la planche 54/1-2	88

XII.3. COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE

Nom	X (m)	Y (m)	Z _{sol} (m)*: Z _{tub}	Type d'ouvrage	Profondeur (m)
P-Hassonville	216780	100360		Puits foré	55
P1-Socabel	221619	99928	295	Puits foré	60
P2-Socabel	221516	99880	293.94	Puits foré	30
P 5-Camp militaire	220714	107156	180.2	Puits foré	187
P 6-Camp militaire	220506	107411	174.8	Puits foré	189
P1-Tavy	215322	100347	286.3	Puits foré	126
P2-Tavy	215418	100391	288	Puits foré	45
P4-Tavy	215600	100360	280	Puits traditionnel	5.5
P6-Tavy	216350	101435		Puits foré	
P-Serinchamps	211884	102904	218	Puits foré	89
P-Kinet	216259	101641	253	Puits foré	140
P-Jamagne	215151	104511	219	Puits traditionnel	3
P-Roy	224464	100025	290	Puits foré	80
P-Dony	216828	102780	210	Puits foré	65
P-Lonneux	224663	98336		Puits foré	27
P-Georgin	219940	102526	218	Puits traditionnel	6
P-Devant les Bois	215410	101570	237	Puits traditionnel	3
P-Moors	217635	102767	202.78	Puits foré	85
P-Seron	221833	101355	281.01	Puits foré	90
P2-Monseu	225854.7	103808.3	325.24	Puits foré	206
Havrenne	211449	99271	225	Puits foré	70
P-Bourdon	224035	104404	278	Puits foré	79
P-Sinsin	216190	106459	252	Puits foré	40
P-Corbiau	212960	99565	215	Puits foré	30
P-Lorinchamps	220029	102743	208.69	Puits foré	40
Pouhon-Sangliers	225801.3	103503	305.24	Source	
F1-Marenne (détruit)	224425	104290	244.68	Puits foré	>50
Résurgence Pavillon	220097	102164	230	Résurgence	
Chantoir de Magnî	225700	104805	230	Perte	
Trou du Souci	224880	104320	255	Perte	
Trou du Moulin	224455	104055	260	Perte	
Perte 'Entre Deux Falleux"	213820	99220	255	Perte	
Chantoir 6 -Gerny	216770	98840		Perte	
Chantoir 2 - Gerny	216100	98270		Perte	
Tridaine				Source	
Préhyr	210670	95100		Puits foré	150
Jergeay	211184	95119		Puits foré	32
Malagne	212316	95081		Puits foré	60
Chantoir 4 – Gerny	215470	98070		Perte	
Chantoir 7 -Gerny	213640	95560		Perte	



SPW | Éditions, CARTES

Dépôt légal : D/2018/12.796/9 – ISBN : 978-2-8056-0260-3

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