

Notice explicative

CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE WALLONIE

Echelle : 1/25 000



Photos couverture © SPW-DGARNE(DGO3)

Fontaine de l'ours à Andenne

Forage exploité

Argillère de Celles à Houyet

Puits et sonde de mesure de niveau piézométrique

Emergence (source)

Essai de traçage au Chantoir de Rostenne à Dinant

Galerie de Hesbaye

Extrait de la carte hydrogéologique de Felenne - Vencimont



FELENNE - VENCIMONT

58/7-8

Ludovic **CAPETTE**, Vincent **HALLET**

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



NOTICE EXPLICATIVE

2014

Première version : Septembre 2012
Actualisation partielle : Avril 2014

Dépôt légal – **D/2014/12.796/7** - ISBN : **978-2-8056- 0159-0**

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

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

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

AVANT-PROPOS.....	1
I. INTRODUCTION	3
II. CADRES GEOGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE.....	4
III. CADRE GEOLOGIQUE	8
III.1. CADRE GEOLOGIQUE GENERAL	8
III.1.1. Massifs calédoniens et orogénèse calédonienne	8
III.1.2. Sédimentation dévonienne	8
III.1.3. L'orogénèse hercynienne	8
III.2. CADRE GEOLOGIQUE REGIONNAL	9
III.2.1. Cadre lithostratigraphique	9
III.2.1.1. Le Paléozoïque.....	10
III.2.1.2. Le Cénozoïque	14
III.2.2. Cadre structural.....	15
IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE.....	16
IV.1. DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES.....	20
IV.1.1. Unités hydrogéologiques du Paléozoïque	20
IV.1.1.1. Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	20
IV.1.1.2. Aquitard à niveaux aquifères de Villé	21
IV.1.1.3. Aquiclude du Dévonien inférieur	22
IV.1.1.4. Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur	22
IV.1.1.5. Aquitard du Dévonien inférieur.....	23
IV.1.1.6. Aquiclude de l'Eifelien	23
IV.1.1.7. Aquitard de l'Eifelien	24
IV.1.1.8. Aquifère de l'Eifelien	24
IV.1.1.9. Aquifère des calcaires du Givetien.....	25
IV.1.2. Unités hydrogéologiques du Cénozoïque.....	25
IV.1.2.1. Aquifère alluvial.....	25
IV.2. PHENOMENES KARSTIQUES	26
IV.3. DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE REGIONALE	28
IV.3.1. Cadre général	28
IV.3.1.1. Calcaires et grès de la Calestienne et de la Famenne (RWM023).....	28
IV.3.1.2. Grès et schistes du massif ardennais : RWM100 et RWM103.....	29
IV.3.2. Évolution piézométrique des différentes unités hydrogéologiques	30
IV.3.2.1. L'Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.....	30
IV.3.2.2. Aquitard à niveaux aquifères de Villé	34
IV.3.2.3. Aquiclude du Dévonien inférieur	34
IV.3.2.4. Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur	35
IV.3.2.5. Aquitard du Dévonien inférieur.....	35
IV.3.2.6. Aquiclude de l'Eifelien	36
IV.3.2.7. Aquitard de l'Eifelien	36
IV.3.2.8. Aquifère de l'Eifelien	36
IV.3.2.9. Aquifère des calcaires du Givetien.....	39
IV.3.2.10. Conclusions.....	39
IV.4. COUPES HYDROGEOLOGIQUES.....	40
IV.5. CARACTERE LIBRE, SEMI-CAPTIF, CAPTIF DES NAPPES	43
V. CADRE HYDROCHIMIQUE	45
V.1. CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX	45

V.1.1. Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	45
V.1.2. Aquitard du Dévonien inférieur	46
V.1.3. Aquifère de l'Eifelien	48
V.1.4. Commentaires.....	49
V.2. PROBLEMATIQUE DES NITRATES.....	51
V.3. QUALITE BACTERIOLOGIQUE.....	57
V.4. LES PESTICIDES.....	58
V.5. LES METAUX LOURDS.....	59
V.6. ETAT DES MASSES D'EAU.....	60
VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES	63
VI.1. VOLUMES PRELEVES POUR LA DISTRIBUTION PUBLIQUE.....	64
VI.2. AUTRES VOLUMES CAPTES	64
VII. PARAMETRES HYDROGEOLOGIQUES.....	65
VII.1. PARAMETRES D'ECOULEMENT.....	65
VII.1.1. Site SWDE « CASTEL SAINT-PIERRE » à Beuraing - aquifère de l'Eifelien (SWDE, 2007).....	66
VII.1.2. Site INASEP « PUIITS DU ROY » à Winenne - aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur (INASEP, 2005).....	70
VII.1.3. Captage « PUIITS DE GREVY » à Malvoisin (Administration Communale de Gedinne ; Geolys, 2007)	73
VIII. ZONES DE PROTECTION	75
VIII.1. CADRE LEGAL.....	75
VIII.2. MESURES DE PROTECTION.....	77
VIII.3. ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES.....	77
IX. METHODOLOGIE D'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE	79
IX.1. SOURCES DE DONNEES	79
IX.1.1. Données géologiques	79
IX.1.2. Données météorologiques et hydrologiques	79
IX.1.3. Données hydrogéologiques	79
IX.1.3.1. Localisation des ouvrages et sources	79
IX.1.3.2. Données piézométriques	80
IX.1.3.3. Données hydrochimiques.....	80
IX.2. ENCODAGE DANS UNE BASE DE DONNEES	80
IX.2.1. Construction de la carte hydrogéologique	81
IX.3. PRESENTATION DU POSTER A0	81
IX.3.1. Carte hydrogéologique principale	81
IX.3.2. Carte des informations complémentaires et des caractères des nappes.....	82
IX.3.3. Carte des volumes prélevés	82
IX.3.4. Tableau de correspondance 'Géologie – Hydrogéologie'.....	83
IX.3.5. Coupes hydrogéologiques	83
IX.3.6. Avertissement	83
X. REFERENCES.....	84
ANNEXE 1: LISTE DES ABREVIATIONS	87
ANNEXE 2 : TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	88
ANNEXE 3 : COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE. 91	

AVANT-PROPOS

La carte hydrogéologique de Felenne – Vencimont s'inscrit dans le projet cartographique "Eaux souterraines" commandé et financé par le Service Public de Wallonie (S.P.W) : Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3 ; <http://environnement.wallonie.be/>). Quatre équipes universitaires collaborent à ce projet : l'Université de Namur (Département de Géologie, UNamur), l'Université de Mons (Faculté Polytechnique, UMons) et l'Université de Liège (ArGEnCO-GEO³-Hydrogéologie & Sciences et Gestion de l'Environnement, ULg-Campus d'Arlon, ULg).

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

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

La carte de Felenne – Vencimont a été réalisée par Ludovic Capette (licencié en Sciences Géologiques) en 2012 et partiellement actualisée en 2014. Le projet est supervisé par le Prof. Vincent Hallet du Département de Géologie de l'Université de Namur.

Les auteurs de la carte hydrogéologique remercient vivement Virginie Dumoulin et Sabine Blockmans, auteures de la carte géologique, pour leurs explications à propos de la géologie complexe de cette région. Il en va de même pour le Service Géologique de Belgique et en particulier le Dr. Eric Goemaere pour son aide précieuse dans la réalisation de ce document. Nous remercions également la Société Wallonne des Eaux (SWDE), l'Intercommunale Namuroise de Services Publics (INASEP) et les diverses administrations communales pour nous avoir fourni nombre de données et nous avoir permis l'accès à leurs ouvrages souterrains (captages, piézomètres). Il en va de même pour tous les bureaux d'études actifs dans le domaine de l'environnement qui nous ont fourni des données, ainsi que tous les titulaires privés (généralement du monde agricole) de puits pour nous avoir laissé accéder aux ouvrages lors de nos investigations sur le terrain.

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, deux coupes, et un tableau lithostratigraphique sont présentés.

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

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

I. INTRODUCTION

Située à environ 45 kilomètres au sud de Namur (Figure I.1), la région couverte par la planchette 58/7-8 Felenne - Vencimont s'étend en grande partie sur la Province de Namur ainsi que sur le Département des Ardennes en France. Le cours d'eau La Houille est le principal exutoire pour la partie belge de la carte tandis que la Meuse (non représentée sur le document cartographique principal) passe à l'est, en France, dans les localités de Givet et Vireux. La majorité de la carte s'étend dans les terrains schisto-gréseux du Dévonien inférieur alors que des terrains calcaires et schisteux du Dévonien moyen occupent une faible superficie au nord-est. Ce sont les nappes logées dans ces calcaires qui sont les plus productives en terme d'exploitation.

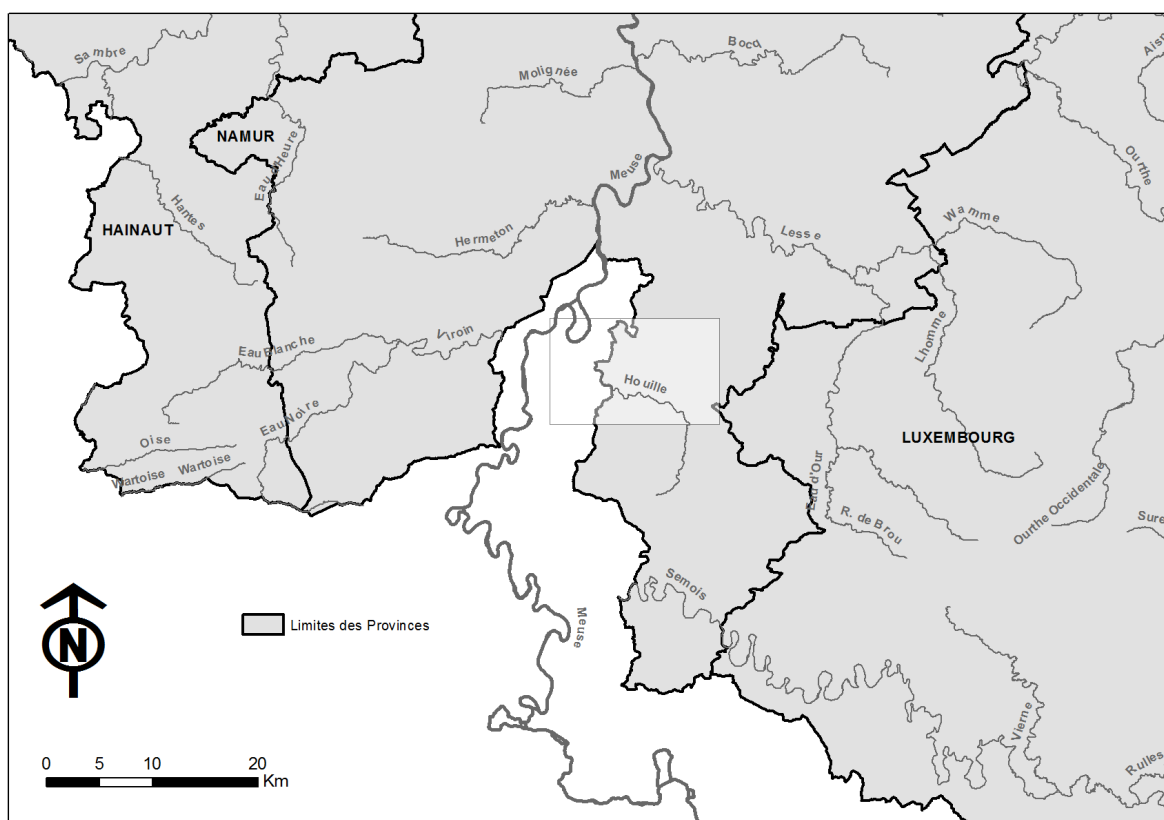


Figure I.1 : Localisation de la planchette 58/7-8

II. CADRES GÉOGRAPHIQUE, GÉOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE

D'une superficie de 160 km² (équivalent à deux planchettes topographiques au 1/10 000), la carte 58/7-8 Felenne - Vencimont s'étend sur la Province de Namur ainsi que sur le Département des Ardennes en France (à l'ouest). Dans la partie belge, elle recouvre principalement sur le territoire des communes de Beauraing (au nord) et Gedinne (au sud).

La région couverte par la carte 58/7-8 Felenne – Vencimont présente deux grandes unités morphostructurales (Figure II.1) : la Calestienne, peu représentée, au nord-est, et l'Ardenne, sur la majeure partie de la carte.

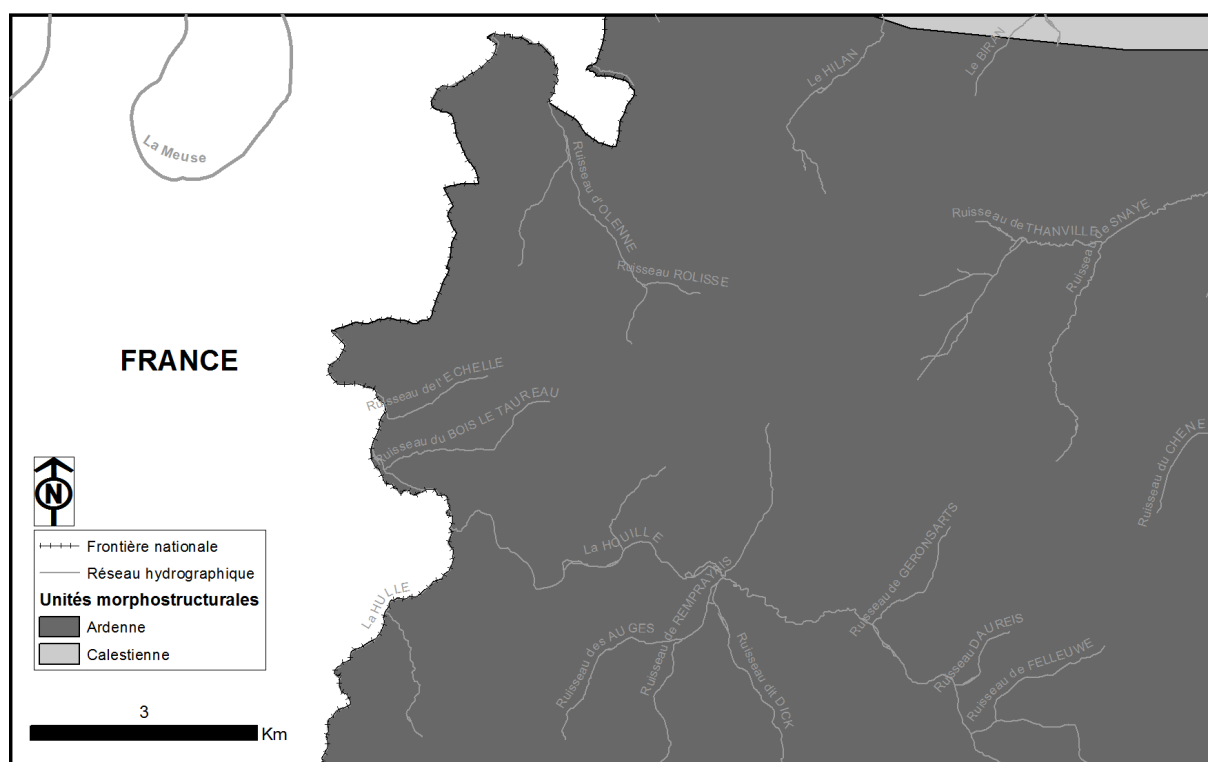


Figure II.1 : Unités morphostructurales sur la planche 58/7-8

La Calestienne (ou Fagne calcaire) est une région étroite (2 à 3 kilomètres) composée d'un cordon de collines s'étendant d'ouest en est sur près de 130 kilomètres entre les communes de Chimay et d'Aywaille. Elle constitue un seuil topographique atteignant les 250 à 300 mètres d'altitude. Elle est limitée au nord par la plaine de Fagne – Famenne d'une altitude moyenne de 200 mètres et au sud par le plateau ardennais d'altitude comprise entre 300 mètres et 694 mètres (Bonniver, 2011 ; Figure II.2).

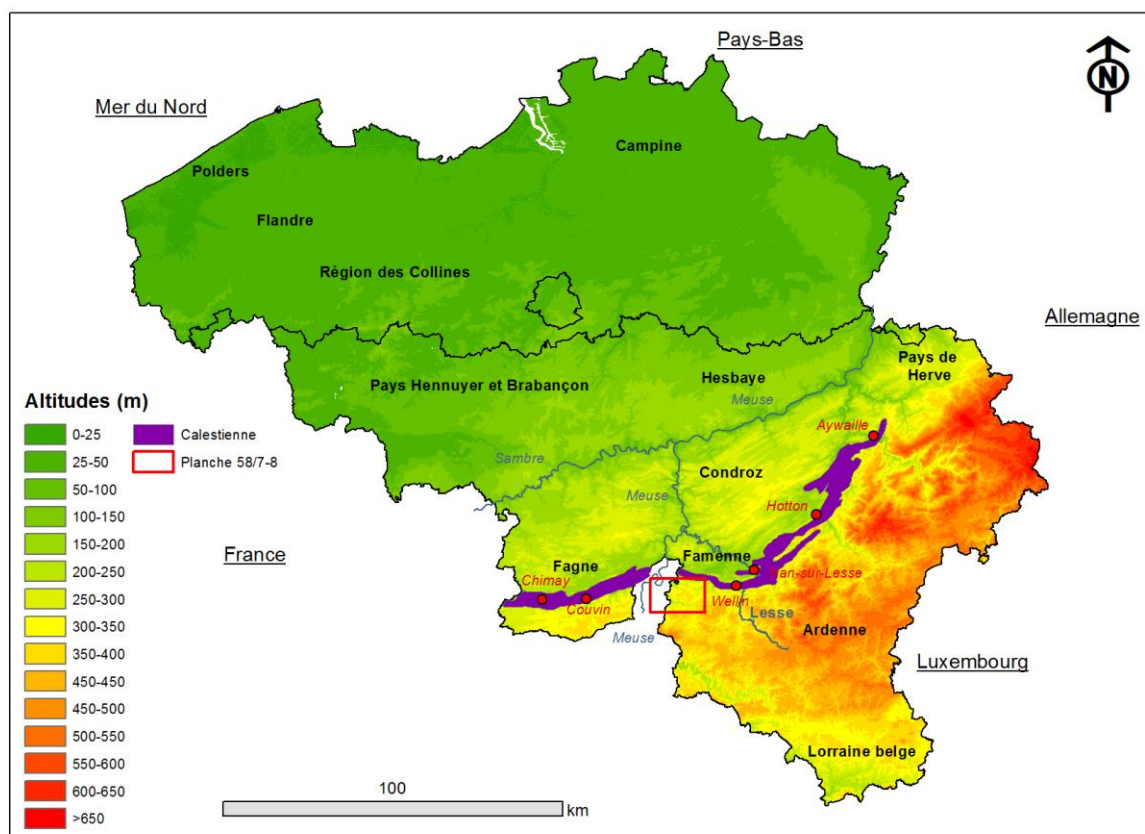


Figure II.2 : Localisation de la Calestienne en Belgique (d'après Bonniver, 2011, modifié)

La Calestienne constitue ainsi une unité géomorphologique caractéristique avec, en relief, les zones à substratum calcaire et, en dépression, les zones à substratum détritico-terrigène fin.

L'Ardenne domine la région, avec des points culminants à plus de 400 mètres. Son sous-sol schisto-gréseux à quartzitique est recouvert par de vastes zones boisées et quelques clairières réservées à l'agriculture. Au centre de la carte, de grands plateaux ondulés culminent d'ouest en est de 373 m (Les Hautes Virées) à 360 m à Vonêche. De nombreux ruisseaux prennent leur source tant au nord qu'au sud de ces plateaux. Au sud, les hauts plateaux ardennais sont profondément entaillés par la Houille et ses affluents. Les interfluviaux culminent d'ouest en est entre 390 m à Bourseigne et 415 m à Malvoisin.

D'un point de vue hydrographique (Figure II.3), la carte intègre les bassins de la Houille (58,5 km²), affluent direct de la Meuse, de la Wimbe (26 km²), de la Lesse (16 km²) et une petite portion du bassin de la Hulle (4,9 km²).

La Houille reçoit une série d'affluents provenant du flanc nord (ruisseaux de Hamion et d'Olenne) et du flanc sud (ruisseaux de l'Echelle, du Bois le Taureau, du Pré Lagasse et des Géronsarts) du bourrelet septentrional de l'Ardenne ainsi que des plateaux ardennais

une érosion différentielle suivant la nature des roches. Les schistes étant moins résistants à la gélifraction, ils se sont érodés plus facilement donnant naissance aux vallées profondes que l'on connaît actuellement sur la planche 58/7-8 (Quinif *et al.*, 1991).

III. CADRE GÉOLOGIQUE

III.1. CADRE GÉOLOGIQUE GÉNÉRAL

L'histoire géologique de la région se présente sous la forme d'une série de phases de sédimentation, de plissement et d'érosion brièvement décrites ci-après :

III.1.1. Massifs calédoniens et orogénèse calédonienne

Le Massif calédonien de Rocroi n'est pas représenté sur cette carte mais affleure à l'extrême sud-ouest en territoire français. Il se compose essentiellement de schistes, phyllades et quartzites d'âge cambro-silurien.

Ces sédiments ont été plissés une première fois au cours de l'orogénèse calédonienne. Au terme de cette orogénèse, un continent (« Continent des Vieux Grès Rouges ») a émergé dans tout le nord de l'Europe. L'Ardenne est un « chaînon » isolé, situé nettement au sud de ce continent. Dès le début du Lochkovien, une transgression marine venant du sud n'envahit d'abord que la partie méridionale de l'Ardenne qui est, à ce moment, au stade terminal de sa pénéplanation. Au cours du Dévonien inférieur, la mer transgresse du sud vers le nord et couvre progressivement la région du futur Synclinorium de Dinant où elle dépose une série sédimentaire épaisse.

III.1.2. Sédimentation dévonienne

Les dépôts paléozoïques observés dans la région de Felenne – Vencimont s'étendent du Lochkovien au Givetien. A plus grande échelle, ils font partie de la transgression devonodinantienne dont la base se marque en Ardenne par une discordance majeure résultant de l'avancée de la transgression sur le socle calédonien érodé.

Cette région permet d'observer le passage de la sédimentation détritico-terrignone du Dévonien inférieur vers une sédimentation de type carbonaté, qui caractérise le Dévonien moyen et le Frasnien. On remarque ainsi l'établissement d'un régime récifal attesté par les bioconstructions de l'Eifelien et du Givetien puis, par les biohermes du Frasnien. Ces périodes de production carbonatée sont interrompues par des épisodes terrigènes d'importances diverses.

III.1.3. L'orogénèse hercynienne

Pendant une période s'étendant environ de -360 à -290 millions d'années, la pile sédimentaire dévono-carbonifère a subi l'orogénèse hercynienne. Cette orogénèse marquerait la suture progressive des continents Gondwana et Laurasia qui formeront au Permo-Trias un super continent appelé Pangaea.

La carte Felenne – Vencimont se situe à cheval sur le bord sud du Synclinorium de Dinant et le bord nord de l’Anticlinorium de l’Ardenne (Figure III.1).

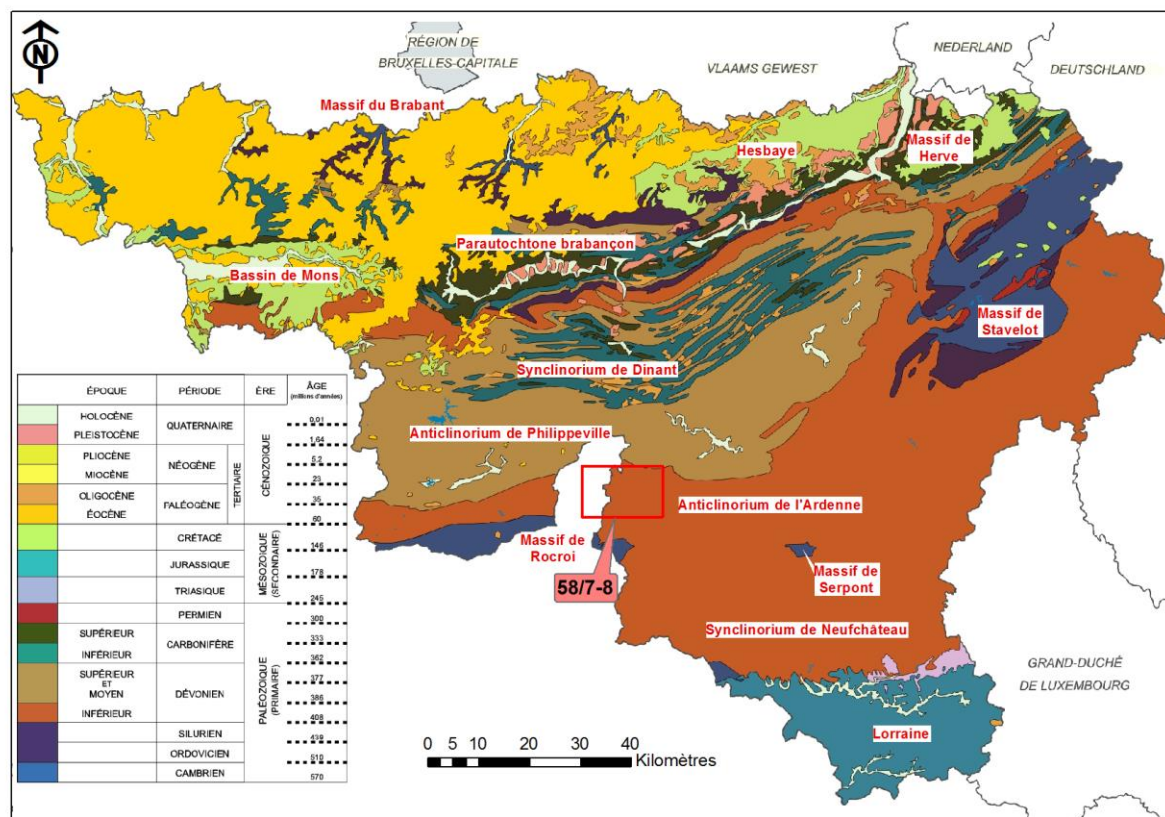


Figure III.1 : Localisation de la planche 58/7-8 sur la carte géologique en Wallonie (d’après de Béthune, 1961, modifié)

III.2. CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

La description des formations géologiques fait référence à la nouvelle carte géologique de Felenne – Vencimont 58/7-8 au 1/25.000 (Dumoulin et Blockmans, 2013). Cette carte est utilisée comme fond pour la carte hydrogéologique. Pour cette dernière, les formations ont été regroupées ou subdivisées en unités hydrogéologiques selon leurs caractéristiques hydrodynamiques. La description lithologique des formations géologiques se fait de manière chronologique, des plus anciennes au plus récentes.

III.2.1. Cadre lithostratigraphique

Le Dévonien inférieur domine sur l’étendue de cette carte, on observe aussi une faible superficie occupée par des terrains du Dévonien moyen sur le bord nord-est. L’ensemble des formations géologiques en présence est repris au Tableau III.1 Les descriptions lithologiques et stratigraphiques présentées ci-après sont issues du texte explicatif de la nouvelle carte géologique (Dumoulin et Blockmans, 2013), auquel est renvoyé le lecteur pour un signalement plus précis.

Tableau III.1 : Tableau lithostratigraphique de la région de Felenne – Vencimont

ERE	SYSTEME	SERIE	ETAGE	Formation et Membre	Lithologie (d'après la carte géologique de V.Dumoulin et S.Blockmans, 2013)	Abréviations de la carte géologique			
CENOZOIQUE	QUATERNAIRE	Holocène		Alluvions modernes	Galets, graviers, sables, argiles et limons		AMO		
PALÉOZOÏQUE	DEVONNIEN	DEVONNIEN MOYEN	GIVETIEN	Terres d'Haus	Calcaires argileux subnoduleux et bioclastiques		THR		
				Trois-Fontaines	Calcaires		TRF		
				Hanonet	Calcaires argileux subnoduleux, calcaires crinoïdiques au sommet		HNT		
			EIFELIEN	Couvin	Calcaires grenus massifs		CVN		
				Jemelle	Chavées		Schistes et siltites à niveaux calcaires. Dans le tiers supérieur, biohermes de calcaires massifs	JEM	CVE
					Vieux Moulin		Schistes et siltites	VXM	
		DEVONNIEN INFÉRIEUR	EMSIEN	Eau Noire	Schistes carbonatés et calcaires subnoduleux	SE	ENR		
				Saint-Joseph	Siltites, grès parfois carbonatés et calcaires argileux		STJ		
				Hierges	Siltites à grès à lumachelles parfois carbonatées	PP	HIE		
				Chooz	Schistes et siltites avec des bancs de grès		CHO		
				Vireux	Grès et grès quartzitiques interstratifiés de niveaux argilo-silteux		VIR		
				Pesche	Siltites et schistes interstratifiés de bancs et de lentilles de grès et de lits coquilliers		PES		
			PRAGUIEN	Pèrnelle	Grès, grès quartzitiques et siltites fossilifères interstratifiés de schistes	PER			
				La Roche	Schistes phylladeux et phyllades quartzeux avec des bancs de grès	LAR			
				Villé	Schistes et siltites à fraction carbonatée, parfois fossilifères, avec des niveaux de grès	VIL			
				Mirwart	Quartzites, grès quartzitiques et siltites localement interstratifiés de shales et de siltites	MIR			
			LOCHKOVIEEN	Saint-Hubert	Schistes caveux et siltites interstratifiés de grès parfois quartzitiques	STH			
				Oignies	Schistes et siltites avec bancs de grès	OIG			

III.2.1.1. Le Paléozoïque

Le Dévonien inférieur

La Figure III.2 situe la région de Felenne – Vencimont dans le transect nord-sud des dépôts du Dévonien inférieur.

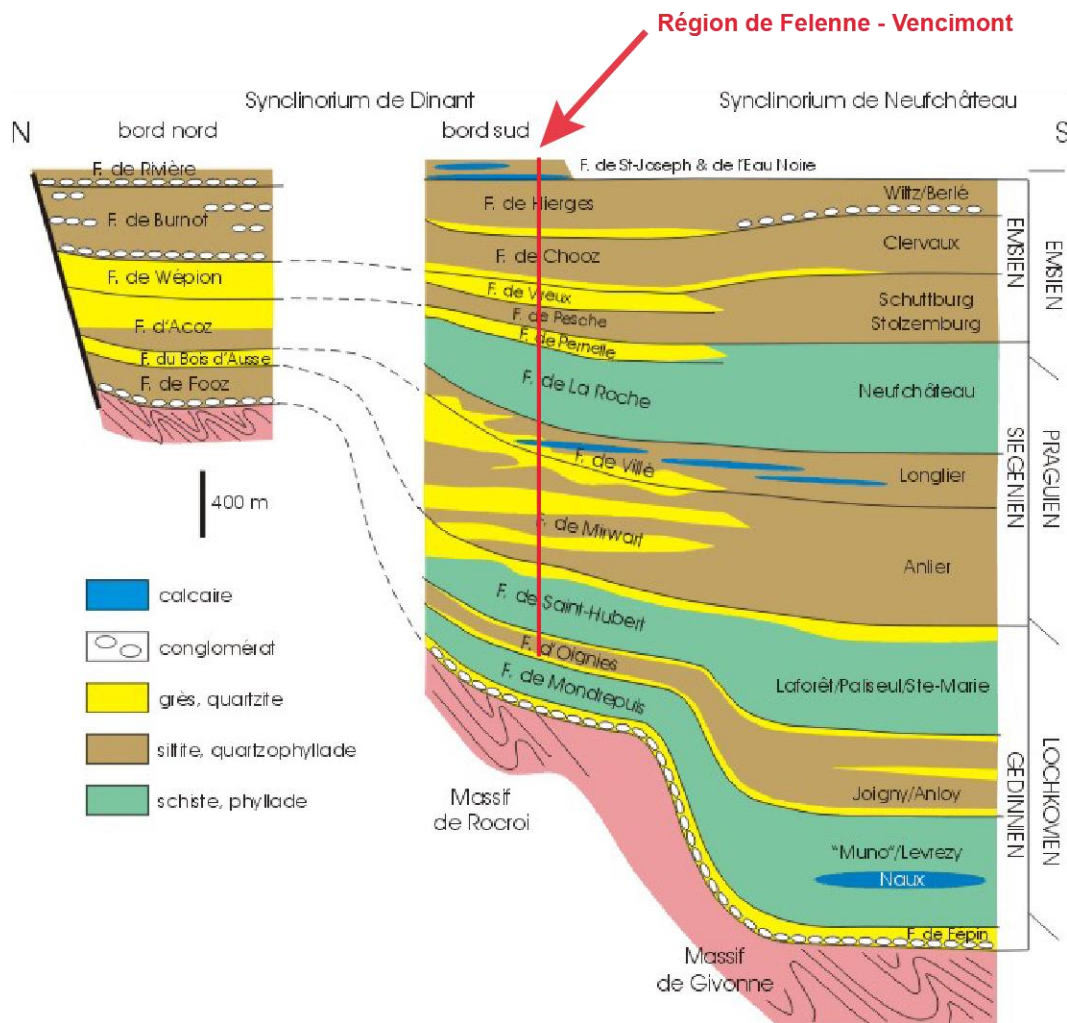


Figure III.2 : Situation dans le transect nord-sud des Synclinoria de Dinant et de Neufchâteau, durant le dépôt du Dévonien inférieur (d'après Boulvain et Pingot, 2012, modifié)

Les terrains les plus anciens au plus récents sont :

Étage Lochkovien

La **Formation d'Oignies** (OIG) est constituée d'une alternance de siltites et de schistes dans lesquels sont fréquemment interstratifiés des bancs de grès. Certains bancs contiennent des nodules carbonatés. Son épaisseur est de l'ordre de 400 m.

La **Formation de Saint-Hubert** (STH) est composée d'un ensemble mal stratifié de schistes caveux¹ et de siltites avec des intercalations de grès - quartzitiques ou non - parfois épaisses. Son épaisseur est de l'ordre de 500 à 700 m.

¹ Nodules carbonatés d'aspect carié suite à l'altération (dissolution) atmosphérique

Étage Praguien

La **Formation de Mirwart** (MIR) débute par des siltites schisteuses, surmontées par des niveaux de quartzites et de grès quartzitiques, séparés par des bancs de shales ou de siltites. Son épaisseur est de l'ordre de 550 à 600 m.

La **Formation de Villé** (VIL) est une association de bancs de schistes et de siltites à fraction carbonatée parfois fossilifères avec de fréquents niveaux de grès. Son épaisseur est estimée à 250 m.

La **Formation de La Roche** (LAR) est constituée de schistes phylladeux et de phyllades quartzeux avec quelques minces niveaux gréseux. Le passage entre la Formation de Villé et la Formation de La Roche se marque topographiquement par une arête saillante due aux premiers phyllades de la Formation de La Roche. Son épaisseur est de l'ordre de 200 à 420 m (Godefroid *et al.*, 1994).

La **Formation de Pernelle** (PER) est constituée de grès et de grès quartzitiques et siltites fossilifères avec des joints schisteux. Son épaisseur est de l'ordre de 45 à 60 m (Godefroid *et al.*, 1994).

Étage Emsien

La **Formation de Pesche** (PES) est constituée de siltites et de schistes interstratifiés de grès en bancs et en lentilles et de lits coquilliers. Son épaisseur est comprise entre 160 et 375 m (Godefroid *et al.*, 1994).

Les formations de **Pernelle** et **Pesche** sont regroupées en un seul ensemble (PP) sur la carte Felenne – Vencimont.

La **Formation de Vireux** (VIR) est constituée de grès et de grès quartzitiques avec des niveaux fossilifères séparés par des niveaux argilo-silteux. Son épaisseur est de l'ordre de 250 à 300 m.

La **Formation de Chooz** (CHO) est constituée de schistes gréseux et de siltites avec des bancs de grès quartzitiques ou argileux. Son épaisseur est de l'ordre de 320 à 330 m.

La **Formation de Hierges** (HIE) se compose de siltites à grès à lumachelles parfois carbonatées. Elle est épaisse de 300 à 330 m.

La **Formation de Saint-Joseph** (STJ) débute par un banc de calcaire coquillier auquel succèdent des siltites avec l'un ou l'autre banc de grès parfois carbonatés ou de calcaires argileux.

La **Formation de l'Eau Noire** (ENR) est composée, dans sa partie inférieure, de schistes carbonatés bioclastiques et de calcaires argileux. Dans sa partie supérieure, on observe une alternance de schistes carbonatés et de bancs de calcaires à crinoïdes.

La mauvaise qualité des affleurements sur la carte Felenne – Vencimont ne permet pas de distinguer les formations de **Saint-Joseph** et de **l'Eau Noire**, elles sont donc regroupées en une seule unité (SE) dont l'épaisseur totale est estimée à 200 m.

Le Dévonien moyen

Le Dévonien moyen est représenté sur une faible superficie à l'extrémité nord-est de la planche Felenne – Vencimont.

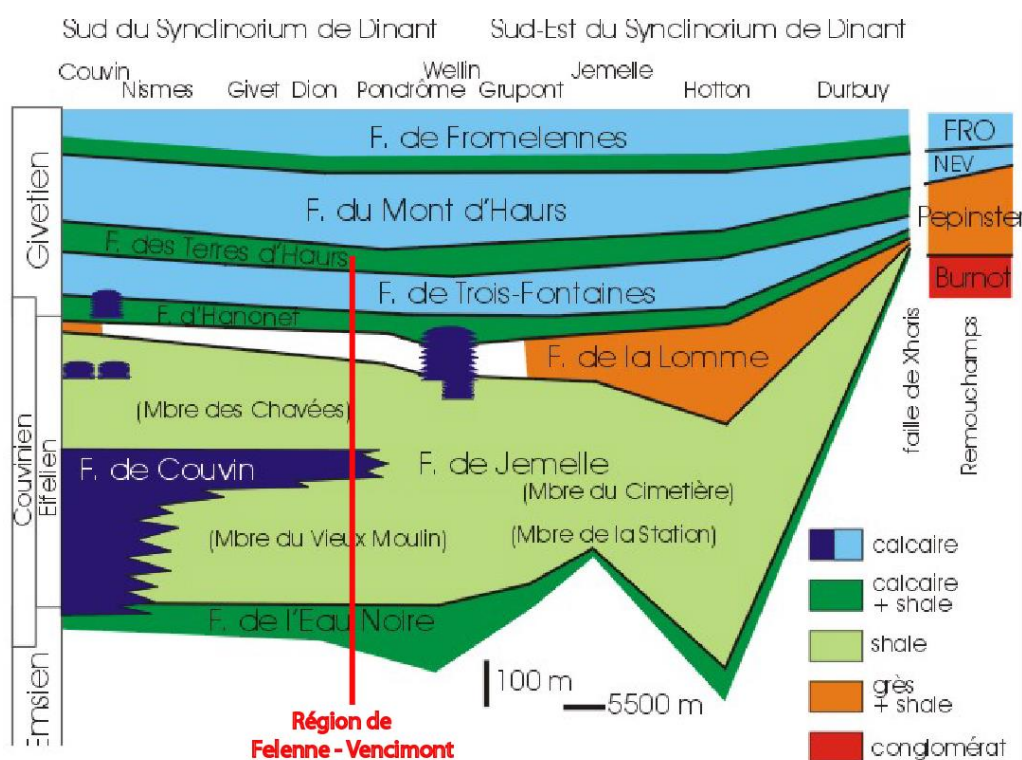


Figure III.3 : Formations et faciès du Dévonien moyen au sud du Synclinorium de Dinant (d'après Bultynck et Dejonghe, 2001 ; Dumoulin et Blockmans, 2008 ; modifié)

On y retrouve les formations suivantes, de la plus ancienne à la plus récente (Figure III.3) :

Étage Eifélien

La **Formation de Jemelle** (JEM), sur la carte Felenne – Vencimont, comprend deux membres :

- le **Membre du Vieux Moulin** (VXM), constitué de schistes et de siltites, son épaisseur varie de 150 à 200 m ;

- le **Membre des Chavées** (CVE), constitué de schistes et siltites à niveaux calcaires. Dans le tiers supérieur, on observe des biohermes de calcaires massifs. Ce membre a une épaisseur de l'ordre de 250 m.

La **Formation de Couvin** (CVN) est constituée de calcaires biostromaux grenus et massifs. Son épaisseur varie de 70 à 130 m en fonction du développement des lentilles, voire 300 m au nord de Wancennes. Notons que dans la région étudiée la Formation de Couvin peut se retrouver inter-stratifiée de part et d'autre par la Formation de Jemelle (Figure III.3).

La **Formation d'Hanonet** (HNT) se présente sous la forme de calcaires argileux bioclastiques souvent d'aspect subnoduleux. Au sommet, localement, on observe des calcaires crinoïdiques parfois laminaires. Son épaisseur est d'environ 75 m.

Étage Givetien

La **Formation de Trois-Fontaines** (TRF) comporte typiquement deux parties, son épaisseur est de l'ordre de 75 m :

- un biostrome calcaire (calcaire construit) ;
- une longue série de calcaires fins, souvent laminaires, en bancs bien stratifiés.

La **Formation des Terres d'Hauts** (THR) est constituée de calcaires argileux d'aspect subnoduleux et bioclastiques. Son épaisseur est comprise entre 70 et 75 m.

III.2.1.2. Le Cénozoïque

L'Holocène (Quaternaire)

Les **Alluvions modernes des vallées** (amo) sont constituées de galets, graviers, sables, argiles et limons, résultats de l'érosion du substrat local et régional. Leur texture est assez variable et un même profil peut présenter des couches successives fort différentes.

III.2.2. Cadre structural

Le cadre tectonique régional est décrit avec précision dans le livret explicatif de la carte géologique (Dumoulin et Blockmans, 2013). Seules les informations principales sont reprises ci-dessous.

Les terrains de la région de Felenne – Vencimont sont situés dans la partie méridionale du Synclinorium de Dinant. Les déformations qui les affectent (plis, failles..) sont liées au charriage vers le nord du bloc plissé de l'Allochtone ardennais sur le Parautochtone brabançon, par le jeu de la Faille du Midi ou Faille Eifélienne. Les terrains couverts par la carte appartiennent au massif allochtone encore appelé "nappe du Condroz".

D'une manière générale, au cours de l'orogénèse varisque, la pile sédimentaire se plisse et forme des plis d'allure et de longueur d'onde variable. Ce plissement s'accompagne d'un éventail de structures tectoniques secondaires, généralement identifiables au niveau de l'affleurement (plis d'entraînement, de dysharmonies, de failles de chevauchement...).

Les failles de chevauchement prennent naissance à la faveur de décollements dans les niveaux schisteux incompetents, elles sont majoritairement orientées ouest-est dans le nord de la carte. Par ailleurs, des failles transversales à fort pendage déboîtent les structures dans une direction globalement N-S.

L'ensemble de ces structures, communes dans l'allochtone ardennais, a été reconnu sur la carte Felenne – Vencimont. La région cartographiée dessine globalement une vaste zone anticlinale à vergence nord où l'on distingue deux entités structurales :

- Le domaine septentrional correspond au flanc court de cette structure anticlinale. Il est caractérisé par des dressants² ponctués de plis en chaise ;
- Le domaine méridional en constitue le flanc long et se marque par de grandes plateures³ affectées localement de plis en chaise à vergence nord.

La schistosité est relativement homogène avec une direction de l'ordre de N50°E. Sa pente est toujours sud et varie de 15 à 55°.

² Couche de forte pente

³ Couche légèrement inclinée

IV. CADRE HYDROGÉOLOGIQUE

A l'échelle de la Wallonie, la carte se situe majoritairement dans la formation aquifère principale baptisée « Socle cambro-silurien et Massif schisto-gréseux du Dévonien (Primaire) », seule une faible superficie au nord-est se trouve au droit des « Calcaires du Primaire » (Figure IV.1).

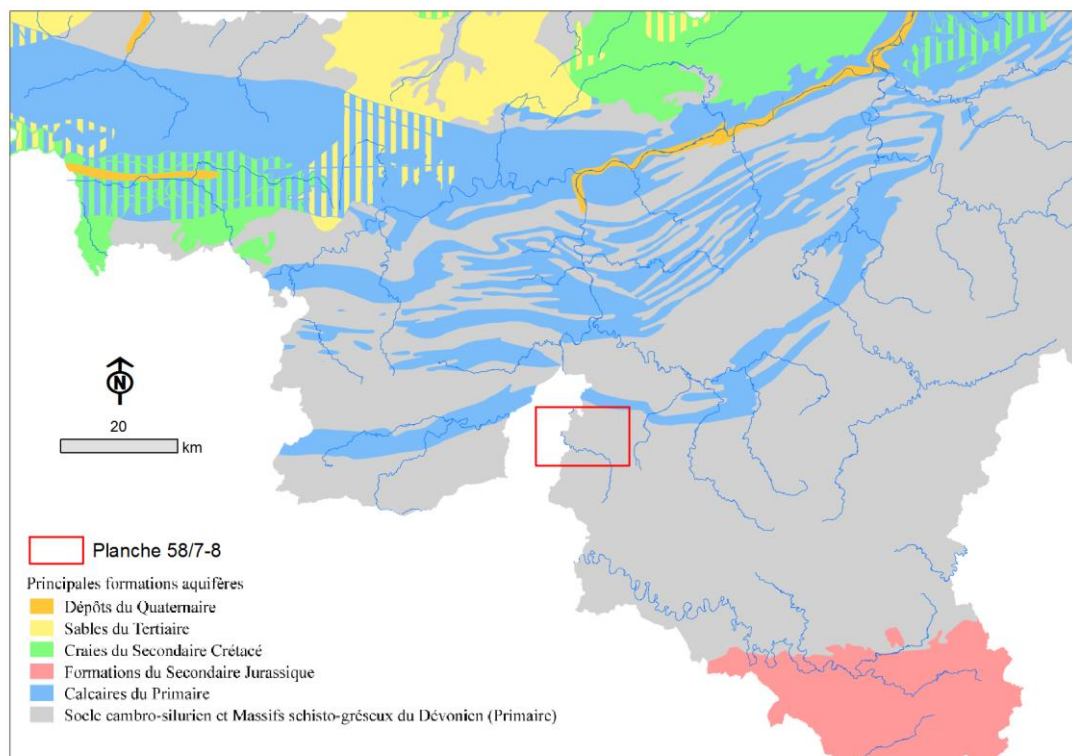


Figure IV.1 : Les principales formations aquifères de Wallonie et localisation de la planchette 58/7-8. Source : SPW-DGO3 (2014). Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie, carte c1_3_a4

Les **Calcaires du Primaire** regroupent les calcaires du Carbonifère et du Dévonien du bord nord et sud du Parautochtone brabançon, du Synclinorium de Dinant et de la Nappe de la Vesdre (Figure IV.1). Les calcaires carbonifères du Synclinorium de Namur s'étendent depuis la région de Lille jusque Namur, puis se prolongent vers Visé en suivant la Meuse. Ces calcaires renferment l'aquifère le plus important en Région wallonne, il se prolonge en Flandre et en France. Sur la carte Felenne – Vencimont, les calcaires qui y affleurent appartiennent au flanc sud du Synclinorium de Dinant.

Les **Massifs schisto-gréseux du Dévonien** rassemblent les formations schisto-gréseuses de l'Ardenne, des synclinoria de Namur et de Dinant et de la Nappe de la Vesdre. Ces formations sont principalement constituées de schistes, phyllades, grès, quartzophyllades et quartzites fissurés. Cet ensemble constitue la nappe principale en Ardenne mais est nettement moins étendu dans les synclinoria de Namur, de Dinant et dans la nappe de la

Vesdre. Bien qu'étendu, et en comparaison de la nappe des **Calcaires du Primaire**, il possède une faible capacité entraînant localement le tarissement de petits ruisseaux en période d'étiage. La nappe est contenue dans les zones superficielles, fissurées et/ou altérées, et est souvent captée par drains et par galeries mais aussi par des puits. Cet aquifère reste malgré tout une ressource précieuse pour les régions isolées de l'Ardenne.

Au niveau de la planchette 58/7-8, les eaux souterraines de la région sont présentes dans toutes les formations géologiques. 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 (UNESCO-OMM, 1992) :

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

Ces définitions assez subjectives sont à manipuler avec précaution. Elles sont utilisées ici afin de renseigner, à une échelle régionale, sur le caractère globalement perméable, semi-perméable ou imperméable d'un ensemble de couches géologiques. Elles donnent une idée du potentiel économique que représentent les différentes unités hydrogéologiques en termes d'exploitation. Elles se basent principalement sur la description lithologique de ces unités.

De manière générale c'est la porosité efficace (la capacité pour une roche saturée de libérer un fluide par drainage gravitaire) et la perméabilité, proportionnelle à la granulométrie des grains ou à l'ouverture des microfissures et fissures, qui va déterminer le caractère plus ou moins aquifère d'une roche (Figure IV.2). Les roches cohérentes sont, en principe, imperméables. Néanmoins, la fissuration, l'altération ou la dissolution peuvent modifier leur perméabilité (Figure IV.2) :

- 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 :
 - 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 ;
 - La roche est un grès : l'altération donne du sable, ce dernier présente une plus grande porosité efficace et une bonne perméabilité ;
 - 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, roches cohérentes rendues poreuses par dissolution ; F, roches cohérentes rendues poreuses par fracturation.

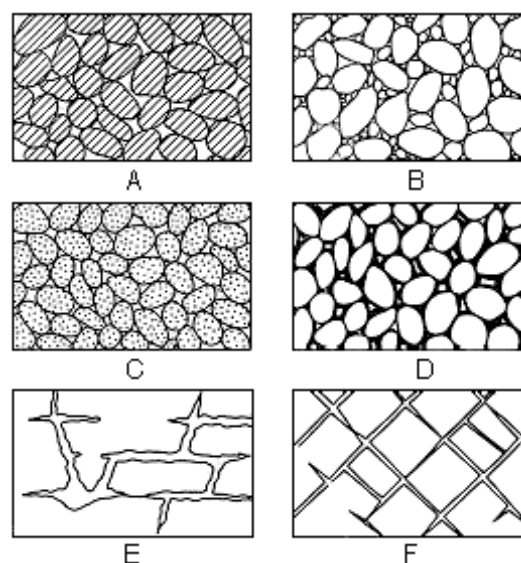


Figure IV.2 : différents types de porosité dans les roches meubles et cohérentes (d'après Meinzer, 1923)

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}

Le Tableau IV.1 montre la très forte variabilité des paramètres hydrogéologiques en fonction de la nature lithologique de l'aquifère.

Les failles, fréquemment minéralisées (barite et calcite), peuvent aussi constituer des zones de circulation préférentielles des eaux souterraines.

IV.1. DESCRIPTION DES UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES

Les unités hydrogéologiques définies pour la carte Felenne – Vencimont 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, présent également sur le poster A0 accompagnant cette notice explicative.

Tableau IV.2 : Tableau des correspondances lithostratigraphie - hydrogéologie de la planche 58/7-8

ERE	SYSTEME	SERIE	ETAGE	Formation et Membre	Lithologie (d'après la carte géologique de V.Dumoulin et S.Blockmans, 2013)	Abréviations de la carte géologique		Unité hydrogéologique		
CENOZOÏQUE	QUATERNAIRE	HOLOCENE		Alluvions modernes	Galets, graviers, sables, argiles et limons		AMO	Aquifère alluvial		
PALEOZOÏQUE	DEVONIEN	DEVONIEN MOYEN	GIVETIEN	Terres d'Haus	Calcaires argileux subnoduleux et bioclastiques		THR	Aquifère des calcaires du Givetien		
				Trois-Fontaines	Calcaires		TRF			
			EIFELIEN	Hanonet	Calcaires argileux subnoduleux, calcaires crinoïdiques au sommet		HNT	Aquitard de l'Eifelien		
				Couvin	Calcaires grenus massifs		CVN	Aquifère de l'Eifelien		
				Jemelle	Chavées	Schistes et siltites à niveaux calcaires. Dans le tiers supérieur, biohermes de calcaires massifs		JEM	CVE	Aquitard de l'Eifelien
					Vieux Moulin	Schistes et siltites			VXM	Aquiclude de l'Eifelien
		DEVONIEN INFÉRIEUR	EMBIEN	Eau Noire	Schistes carbonatés et calcaires subnoduleux	SE	ENR	Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur		
				Saint-Joseph	Siltites, grès parfois carbonatés et calcaires argileux		STJ			
				Hierges	Siltites à grès à lumachelles parfois carbonatées		HIE			
				Chooz	Schistes et siltites avec des bancs de grès		CHO			
				Vireux	Grès et grès quartzitiques interstratifiés de niveaux argilo-siltiteux		VIR		Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur	
				Pesche	Siltites et schistes interstratifiés de bancs et de lentilles de grès et de lits coquilliers	PP	PES		Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	
			PRAGIEN	Pèrnelle	Grès, grès quartzitiques et siltites fossilifères interstratifiés de schistes		PER			
				La Roche	Schistes phylladeux et phyllades quartzeux avec des bancs de grès	LAR	Aquiclude du Dévonien inférieur			
				Villé	Schistes et siltites à fraction carbonatée, parfois fossilifères, avec des niveaux de grès	VIL	Aquitard à niveaux aquifères de Villé			
				Mirwart	Quartzites, grès quartzitiques et siltites localement interstratifiés de shales et de siltites	MIR	Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur			
			LOCHKOVIEN	Saint-Hubert	Schistes caverneux et siltites interstratifiés de grès parfois quartzitiques	STH				
				Oignies	Schistes et siltites avec bancs de grès	OIG				

IV.1.1. Unités hydrogéologiques du Paléozoïque

IV.1.1.1. Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

C'est l'unité hydrogéologique la plus étendue sur la carte Felenne – Vencimont. L'Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur (Figure IV.3) reprend les formations dont la lithologie est dominée par la présence de shales et de siltites, ce qui permet de caractériser cette unité en termes d'aquiclude. Ces formations possèdent néanmoins de nombreux niveaux gréseux et/ou quartzitiques, suffisants pour constituer des niveaux localisés d'aquifères pour autant qu'ils soient altérés et fissurés. Les formations qui composent cette

unité sont celles d'Oignies, de Saint-Hubert, et de Mirwart ainsi que le regroupement des formations de Pernelle et de Pesche. Les propriétés hydrodynamiques de la Formation de Pernelle la rapprochent plus d'un aquitard à niveaux aquicludes, elle a toutefois été reprise dans la présente unité hydrogéologique vu l'impossibilité de la distinguer de la Formation de Pesche sur cette carte.

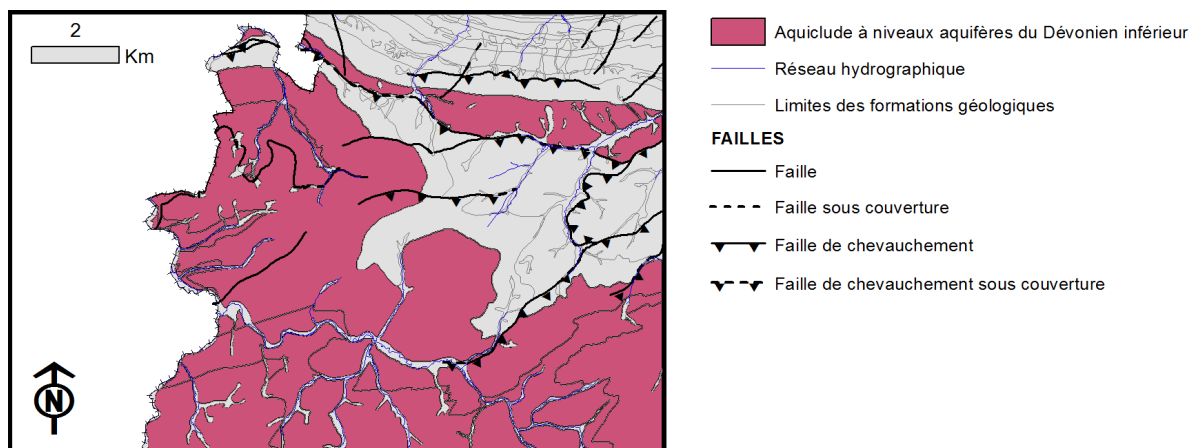


Figure IV.3 : Localisation de l'Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur de la carte Felenne – Vencimont

IV.1.1.2. Aquitard à niveaux aquifères de Villé

Cette unité hydrogéologique coïncide avec la Formation de Villé (Figure IV.4), elle se compose de schistes et de siltites avec une forte composante carbonatée qui lui confère un caractère aquitard. Les niveaux aquifères correspondent aux fréquents bancs de grès que l'on peut observer.

La Formation de Villé se distingue des formations voisines par des teneurs carbonatées plus importantes. Cette fraction carbonatée lui assure un potentiel aquifère plus grand ainsi qu'une minéralisation et un pH plus élevés. Cependant, la Formation de Villé est caractérisée par une variation latérale de faciès schisteux à gréseux, ainsi qu'une modification de la proportion d'éléments carbonatés (plus importante vers le sud) et/ou arénacés. A l'échelle de la Wallonie, trois unités hydrogéologiques ont ainsi été définies afin de caractériser au mieux cette variation spatiale. En fonction de la lithologie dominante et de la fraction carbonatée, un choix est fait entre « Aquitard à niveaux aquifères de Villé » ou « Aquiclude à niveaux aquifères de Villé ». Si les informations disponibles ne permettent pas de trancher, c'est l'appellation « Aquiclude-Aquitard à niveaux aquifères de Villé » qui est employée. Cette dernière unité permet également d'assurer une transition graduelle entre deux cartes aux faciès différents. Sur cette carte, le faciès plus carbonaté correspond mieux à la qualification d'aquitard à niveaux aquifères.

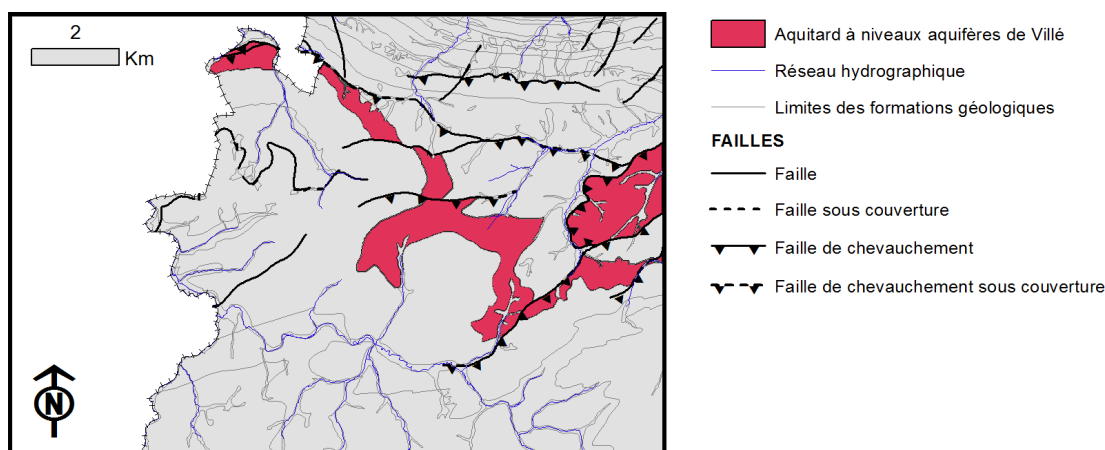


Figure IV.4 : Localisation de l'Aquitard à niveaux aquifères de Villé de la carte Felenne – Vencimont

IV.1.1.3. Aquiclude du Dévonien inférieur

L'aquiclude du Dévonien inférieur (Figure IV.5) correspond sur cette carte à la Formation de La Roche. Son caractère aquiclude découle de sa composition schisteuse et phylladeuse, l'épaisseur des quelques niveaux gréseux présents est trop négligeable pour qu'ils soient décrits comme niveaux aquifères.

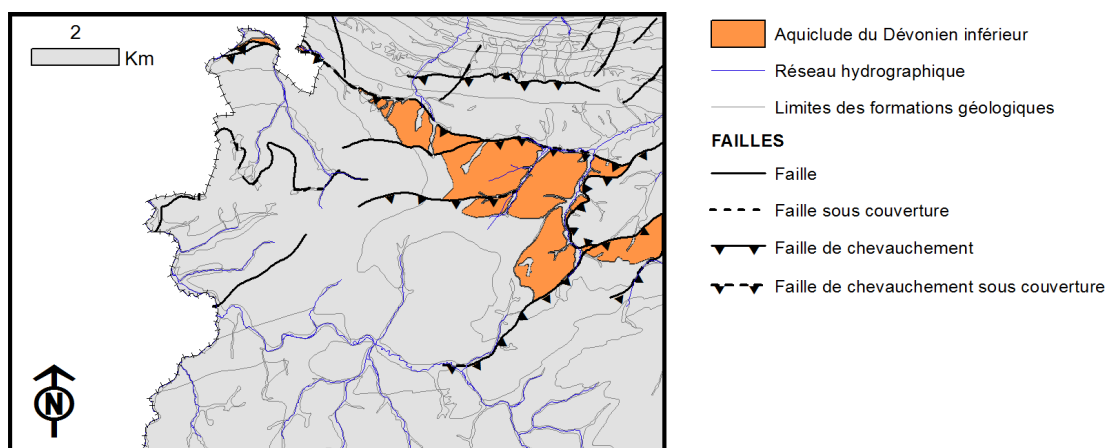


Figure IV.5 : Localisation de l'Aquiclude du Dévonien inférieur de la carte Felenne – Vencimont

IV.1.1.4. Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur

L'Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur (Figure IV.6) traverse la carte d'ouest en est dans sa partie nord. Il comprend la Formation de Vireux qui se distingue par le fait qu'elle possède de grandes masses gréseuses séparées par de minces niveaux argilo-silteux. Les masses de grès expliquent la qualification d'aquifère de la formation, tandis que les niveaux argilo-silteux constituent des niveaux aquicludes, ces derniers sont toutefois négligeables vu leur faible épaisseur. Le niveau de fissuration et d'altération, pouvant varier localement, influence la qualité de cet aquifère.

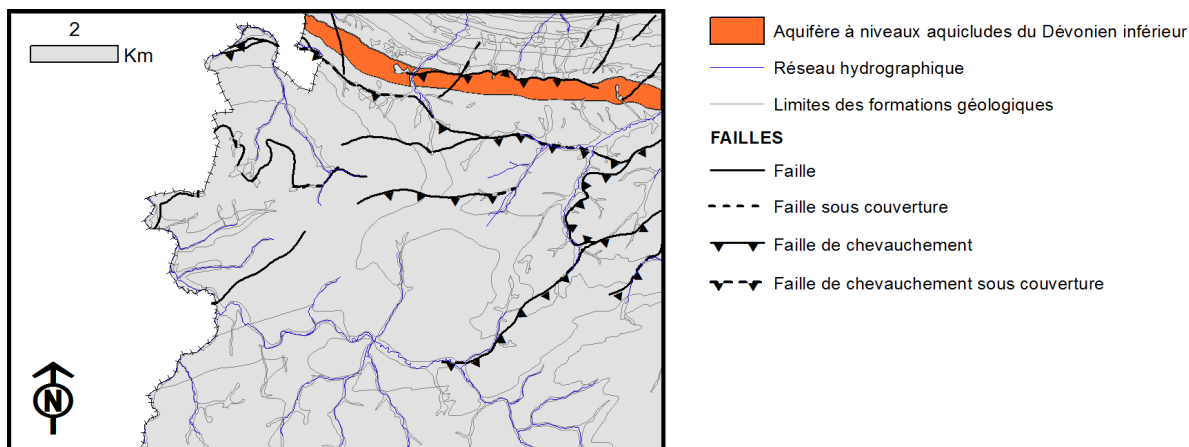


Figure IV.6 : Localisation de l'Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur de la carte Felenne – Vencimont

IV.1.1.5. Aquitard du Dévonien inférieur

L'Aquitard du Dévonien inférieur est formé des formations de Chooz, de Hierges, de Saint-Joseph et de l'Eau Noire (Figure IV.7). Les lithologies plus grossières (siltites) de ces formations les distinguent des aquicludes de la série du Dévonien inférieur.

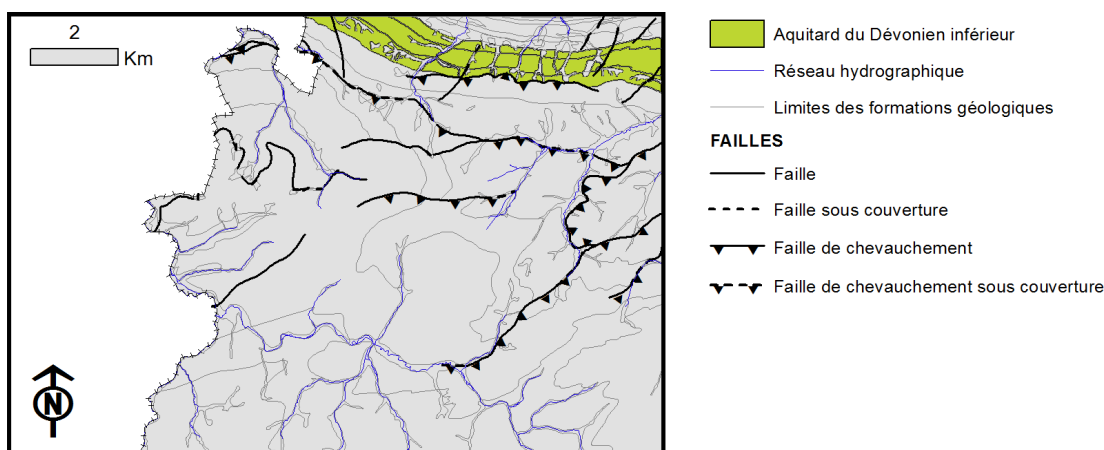


Figure IV.7 : Localisation de l'Aquitard du Dévonien inférieur de la carte Felenne – Vencimont

IV.1.1.6. Aquiclude de l'Eifelien

Il correspond au Membre du Vieux Moulin de la Formation de Jemelle. L'Aquiclude de l'Eifelien (Figure IV.8) est constitué de schistes "impermeables" à la base et de siltites au sommet, les passées argileuses sont fréquentes conférant à l'ensemble un caractère aquiclude bien marqué.

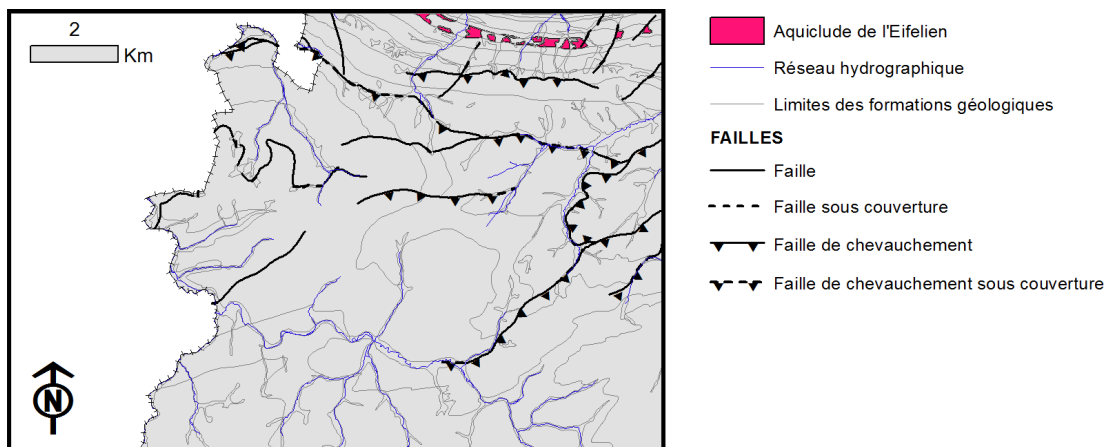


Figure IV.8 : Localisation de l'Aquiclude de l'Eifelien de la carte Fellenne – Vencimont

IV.1.1.7. Aquitard de l'Eifelien

L'aquitard de l'Eifelien (Figure IV.9) comprend le Membre des Chavées de la Formation de Jemelle ainsi que la Formation d'Hanonet. Le Membre des Chavées est constitué d'épais bancs de schistes et de siltites avec des niveaux ou des nodules calcaires ; la Formation d'Hanonet se compose essentiellement de calcaires argileux subnoduleux. Ces lithologies confèrent un caractère aquitard à l'ensemble.

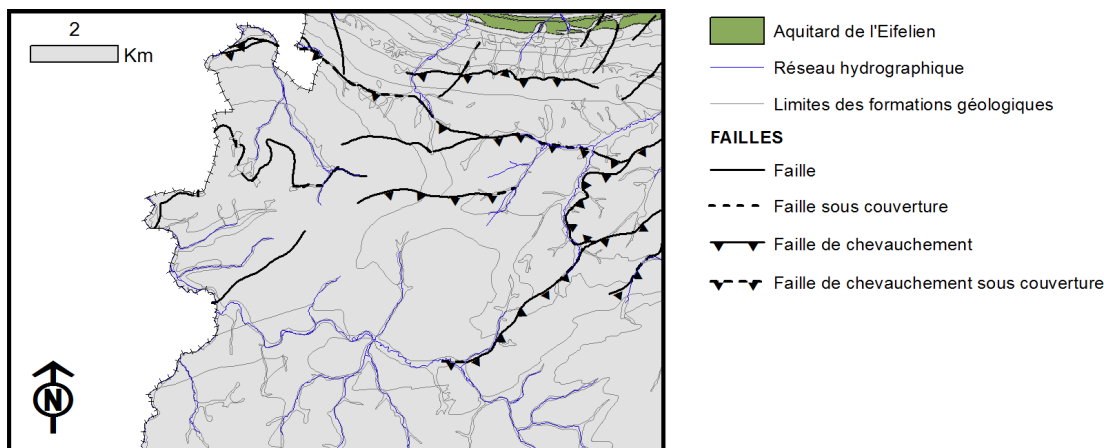


Figure IV.9 : Localisation de l'Aquitard de l'Eifelien de la carte Fellenne – Vencimont

IV.1.1.8. Aquifère de l'Eifelien

L'Aquifère de l'Eifelien est formé de la Formation de Couvin (Figure IV.10). Celle-ci est constituée de calcaire massif bien stratifié en bancs épais, cette unité présente clairement un caractère aquifère grâce à sa porosité de fissures importante (diaclasses et stratification). La dissolution affectant les roches carbonatées peut également améliorer la circulation des eaux souterraines. C'est dans cette unité que l'on retrouve la Grotte de Wancennes, le seul phénomène karstique observé à ce jour au droit de la carte Fellenne – Vencimont (voir chapitre IV.2).

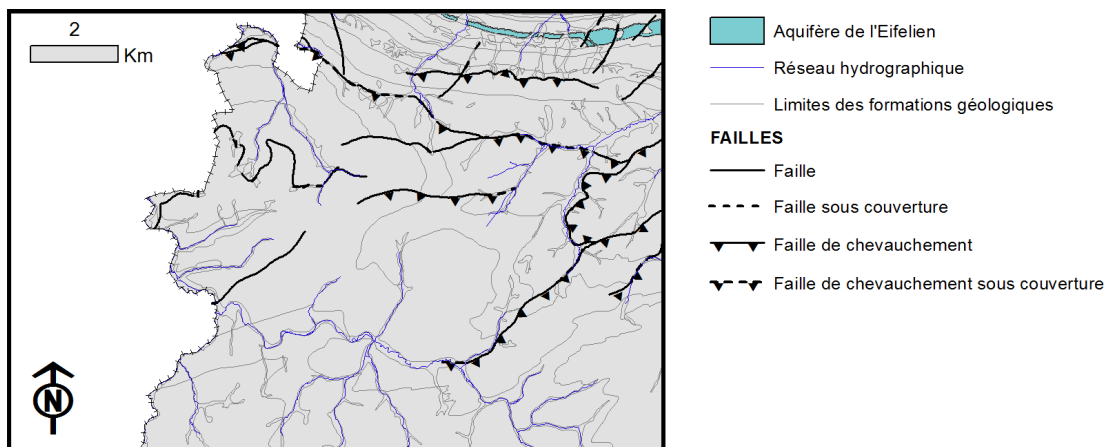


Figure IV.10 : Localisation de l'Aquifère de l'Eifelien de la carte Felenne – Vencimont

IV.1.1.9. Aquifère des calcaires du Givetien

L'Aquifère des calcaires du Givetien n'est représenté que par une bande très peu étendue à l'extrême nord de la carte (Figure IV.11). Il est constitué des deux formations qui constituent l'Etage Givetien dans la région de Felenne - Vencimont, à savoir les formations de Trois-Fontaines et des Terres d'Hairs, qui sont constituées de calcaire stratifié en bancs décimétriques à métriques ; la Formation des Terres d'Hairs peut également montrer des passées argileuses. La stratification et la fracturation de ces calcaires, localement accompagnées par une karstification plus ou moins poussée, permettent de considérer cette unité comme l'Aquifère des calcaires du Givetien.

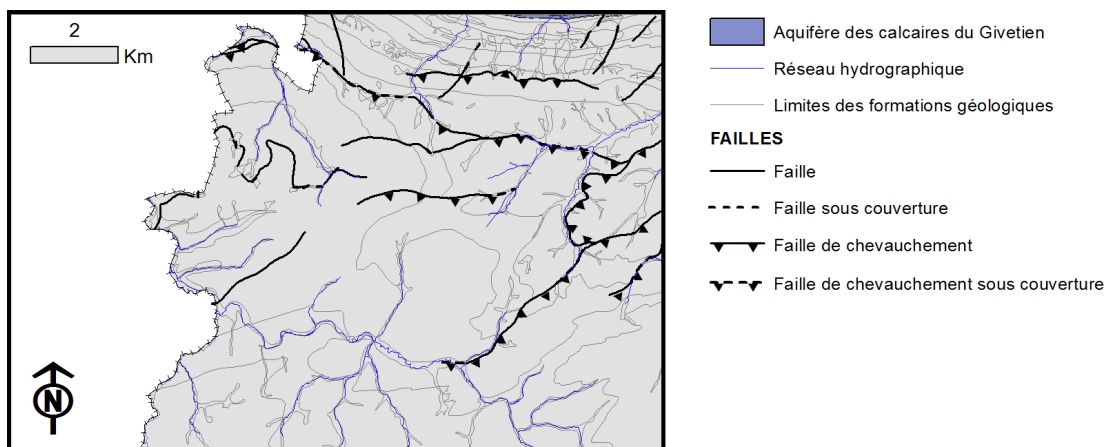


Figure IV.11 : Localisation de l'Aquifère des calcaires du Givetien de la carte Felenne – Vencimont

IV.1.2. Unités hydrogéologiques du Cénozoïque

IV.1.2.1. Aquifère alluvial

L'Aquifère alluvial est composé des alluvions modernes et anciennes (Figure IV.12). La conductivité hydraulique des alluvions 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. Néanmoins, vu la nature argileuse suite à l'altération des formations schisteuses avoisinantes et la faible épaisseur des dépôts, les potentialités hydrogéologiques des alluvions doivent être extrêmement limitées.

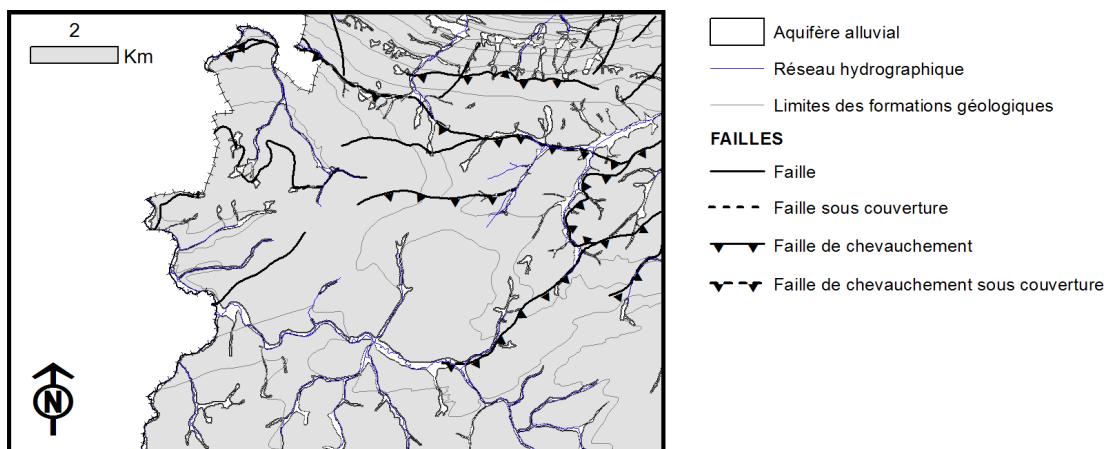


Figure IV.12 : Localisation de l'Aquifère alluvial de la carte Felenne – Vencimont

IV.2. PHÉNOMÈNES KARSTIQUES

Les phénomènes karstiques touchent principalement les roches calcaires, sur la carte ce type de terrains n'est présent qu'à l'extrême nord-est. Il est également possible que ces phénomènes se manifestent dans d'autres roches possédant une composante plus ou moins carbonatée. Sur la planche Felenne – Vencimont, deux phénomènes karstiques remarquables ont été répertoriés : la Perte de Wancennes et la Grotte de Wancennes situés dans la localité homonyme (Figure IV.13).

La Perte de Wancennes se situe dans le lit même du ruisseau à l'entrée des calcaires et absorbant les eaux provenant de Wancennes. Le vallon montre des traces de crues et l'écoulement peut souvent dépasser ces pertes.

La Grotte de Wancennes n'a pas d'influence sur l'hydrogéologie locale et n'est dès lors pas représentée sur la carte principale. Il s'agit d'une grotte à plusieurs petites salles et galeries assez bien concrétionnées. Des ossements y ont été découverts en 1975 (il s'agirait d'une grotte ossuaire d'âge néolithique et protohistorique).

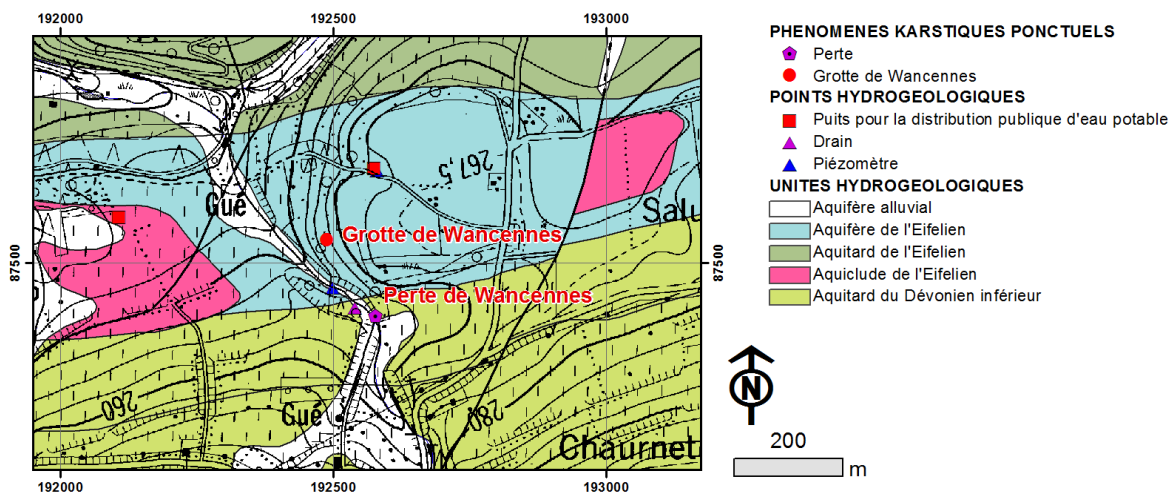


Figure IV.13 : Localisation de la Grotte de Wancennes et de la perte de Wancennes

IV.3. DESCRIPTION DE L'HYDROGÉOLOGIE RÉGIONALE

IV.3.1. Cadre général

On distingue trois masses d'eau souterraines⁴ sur la carte Felenne – Vencimont (Figure IV.14), soit du nord au sud :

- Les calcaires et grès de la Calestienne et de la Famenne (RWM023) ;
- Les grès et schistes du massif ardennais : Lesse, Ourthe, Amblève et Vesdre (RWM100) ;
- Les grès et schistes du massif ardennais : Semois, Houille et Viroin (RWM103).

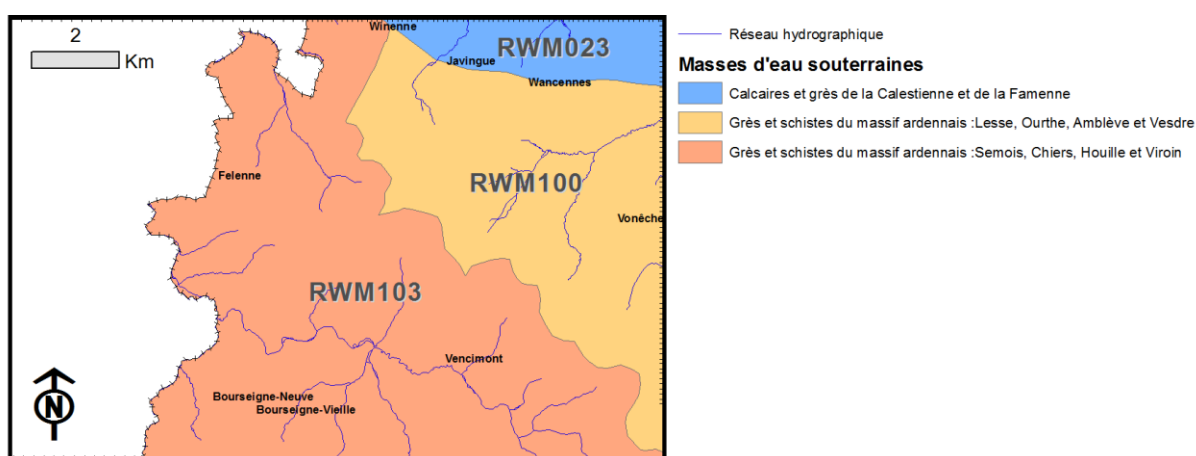


Figure IV.14 : Masses d'eau souterraines en présence au droit de la carte Felenne – Vencimont

IV.3.1.1. Calcaires et grès de la Calestienne et de la Famenne (RWM023)

Seule la Calestienne est représentée sur cette carte.

Hormis les niveaux schisteux (Membre de Vieux Moulin dans la Formation de Jemelle) dont les potentialités hydrogéologiques restent limitées à une exploitation modeste et locale, les principales ressources en eau souterraine sont contenues dans les aquifères calcaires de l'Eifelien et du Givetien. Ces unités hydrogéologiques y constituent des aquifères de fissures localement plus ou moins fortement karstifiés permettant le prélèvement d'importants volumes d'eau souterraine.

⁴ Afin de mieux gérer la ressource en eau souterraine, la Directive européenne Cadre sur l'Eau (Directive 2000/60/CE) a introduit le concept de masse d'eau souterraine, mieux adapté à la gestion des eaux à l'intérieur des districts hydrographiques (bassins hydrographiques à large échelle) : Une masse d'eau souterraine est un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères

Malgré sa faible étendue sur la carte Felenne – Vencimont, c'est cette masse d'eau qui est la plus exploitée par les sociétés de distribution d'eau notamment via les captages « CASTEL ST-PIERRE » et « SALUMONT » de la SWDE.

Le réseau hydrographique montre une nette orientation nord-sud ; on distingue deux unités (Figure II.3) :

- À l'ouest, le Hilan qui recoupe complètement le relief ;
- À l'est, le Biran et ses affluents qui forment un réseau dendritique convergeant vers Beauraing.

Cette zone a fait l'objet de bilans hydrogéologiques d'octobre 1991 à mai 1992 (Maréchal, 1992). Les rapports des débits extrêmes sont en général très élevés, ce qui est caractéristique des bassins à ruissellement intense.

Selon Maréchal (1992), à l'ouest, le long du Hilan, il y a un important excès d'écoulement avant son entrée dans les calcaires givetiens : le bassin versant doit donc être alimenté par d'autres bassins versants via des axes de fracturation. A l'est, le bassin versant global du Biran montre un bilan qui ferme bien à sa sortie du Givetien mais on constate des écarts de fermeture très variables au niveau des sous-bassins des affluents : à l'entrée des calcaires de la Formation de Couvin, les bilans sont en général excédentaires. A la sortie, cet excès subsiste, tantôt augmenté (Ruisseau Dammaron et Ruisseau de Wancennes), tantôt légèrement diminué (Biran). L'excès du sous-bassin du Ruisseau de Wancennes peut s'expliquer par un apport d'eau en provenance du sud ou de l'est, ou bien encore des eaux d'épuration de Wancennes. A la sortie des calcaires couviniens, l'excès subsiste et même augmente. Il semble donc y avoir peu d'infiltrations sur ce tronçon calcaire. En revanche, lors du passage dans la bande schisto-calcaire de la Formation de Jemelle (cas du Biran), les pertes sont importantes, ce qui laisse supposer soit un drainage souterrain vers l'aval via le manteau d'altération, soit un drainage latéral vers l'ouest et l'est via les rares bancs calcaires fracturés présents dans la formation. Ces hypothèses ne peuvent cependant pas être vérifiées sans une étude approfondie.

IV.3.1.2. Grès et schistes du massif ardennais : RWM100 et RWM103

Les réserves aquifères de ces masses d'eau sont limitées, mais d'un grand intérêt pour l'alimentation du réseau hydrographique ainsi que pour les besoins de consommation locale (domestique et agricole). On y distingue deux types de réservoirs :

- Les nappes superficielles logées dans le manteau d'altération (libres et peu productives, mais suffisantes pour une consommation à petite échelle) ;

- Les nappes profondes contenues dans les fissures des intercalations gréseuses et quartzitiques et dans les zones de fractures.

Le caractère aquifère du sous-sol dépend, dans le 1^{er} cas, de l'importance du manteau d'altération et dans le 2^{ème}, de la présence et du degré de fissuration des grès et des quartzites.

IV.3.2. Évolution piézométrique des différentes unités hydrogéologiques

Peu de données piézométriques sont disponibles pour la carte 58/7-8, il a néanmoins été possible de rassembler des chroniques et/ou des cotes ponctuelles pour la plupart des aquifères présents sur la carte.

Les données piézométriques proviennent soit :

- des mesures effectuées dans le cadre de la réalisation de cette carte au droit de puits de particuliers, piézomètres ou puits de distribution ;
- de valeurs fournies par les sociétés de distribution d'eau ou les bureaux d'études ;
- de mesures réalisées par le Service Public de Wallonie.

IV.3.2.1. L'Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Cette unité hydrogéologique est principalement schisteuse avec des intercalations de bancs gréseux ou quartzitiques. Une telle lithologie laisse supposer un niveau piézométrique relativement proche de la surface topographique (nappe sub-affleurente) dans les vallées et plus profond au niveau des crêtes. Ces niveaux plus profonds ont notamment été observés aux puits INASEP « Winenne Puits du Roy 2 » (Figure IV.15, 96 m de profondeur) et « Virée de Froidfontaine » (Figure IV.16, 80 m de profondeur) dont les résultats des mesures piézométriques figurent au Tableau IV.3.

Tableau IV.3 : Mesures piézométriques effectuées sur les ouvrages « Winenne Puits du Roy 2 » et « Virée de Froidfontaine » le 22/02/2012

Ouvrage	Niveau piézométrique (m)	Cote (m)	Date
Winenne Puits du Roy 2	27,2	307,8	22/02/2012
Virée de Froidfontaine	17,3	351,7	22/02/2012

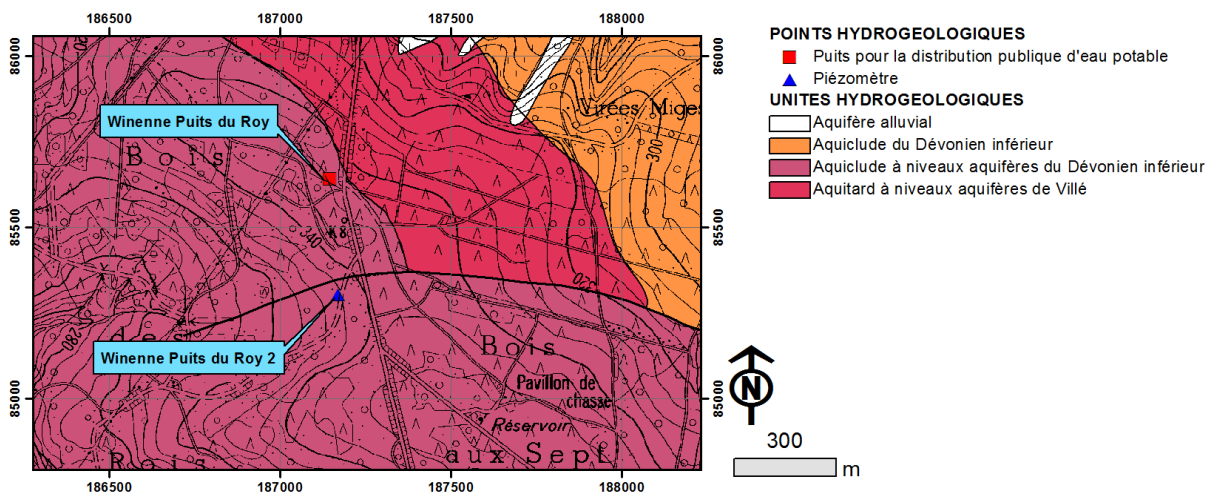


Figure IV.15 : Localisation des ouvrages de l'INASEP « Puits du Roy » à Winenne

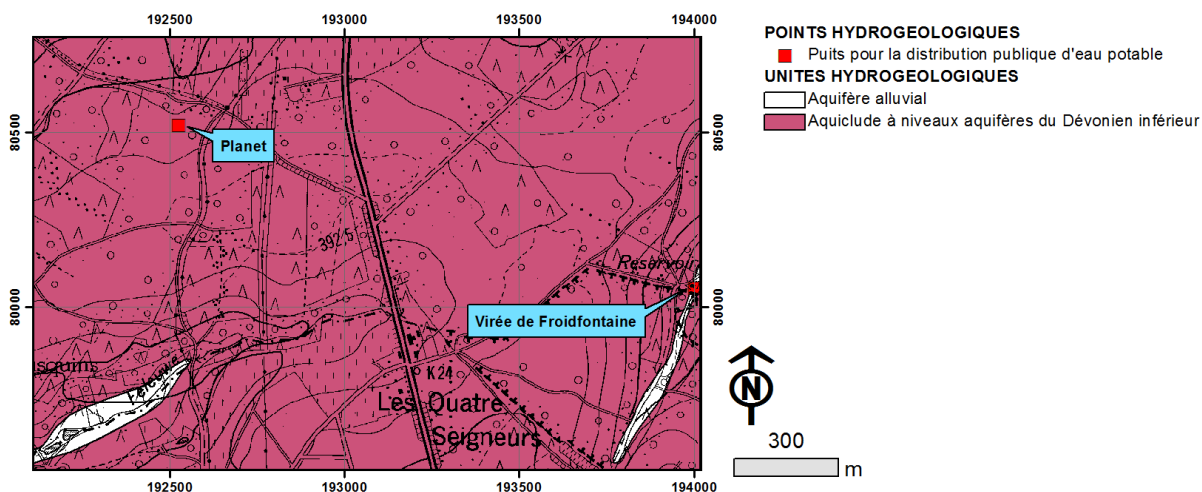


Figure IV.16 : Localisation des ouvrages de l'INASEP « Planet » et « Virée de Froidfontaine » entre Vencimont et Froidfontaine

Dans cette unité, les sens d'écoulements sont fortement liés à la topographie et au réseau hydrographique. La nappe se trouve en général proche de la surface et son profil épouse la topographie. Les sommets topographiques sont supposés indiquer l'emplacement des crêtes hydrogéologiques. Les écoulements se font alors théoriquement des points hauts vers les points bas, en direction des cours d'eau drainants. Dans une première approximation, la déduction du sens d'écoulement de la nappe à un endroit donné est analogue à la démarche suivie pour déduire le ruissellement en surface. La carte piézométrique (Figure IV.17) réalisée par l'INASEP en 2005 lors de la détermination des zones de prévention pour le captage « Puits du Roy » confirme cette tendance.

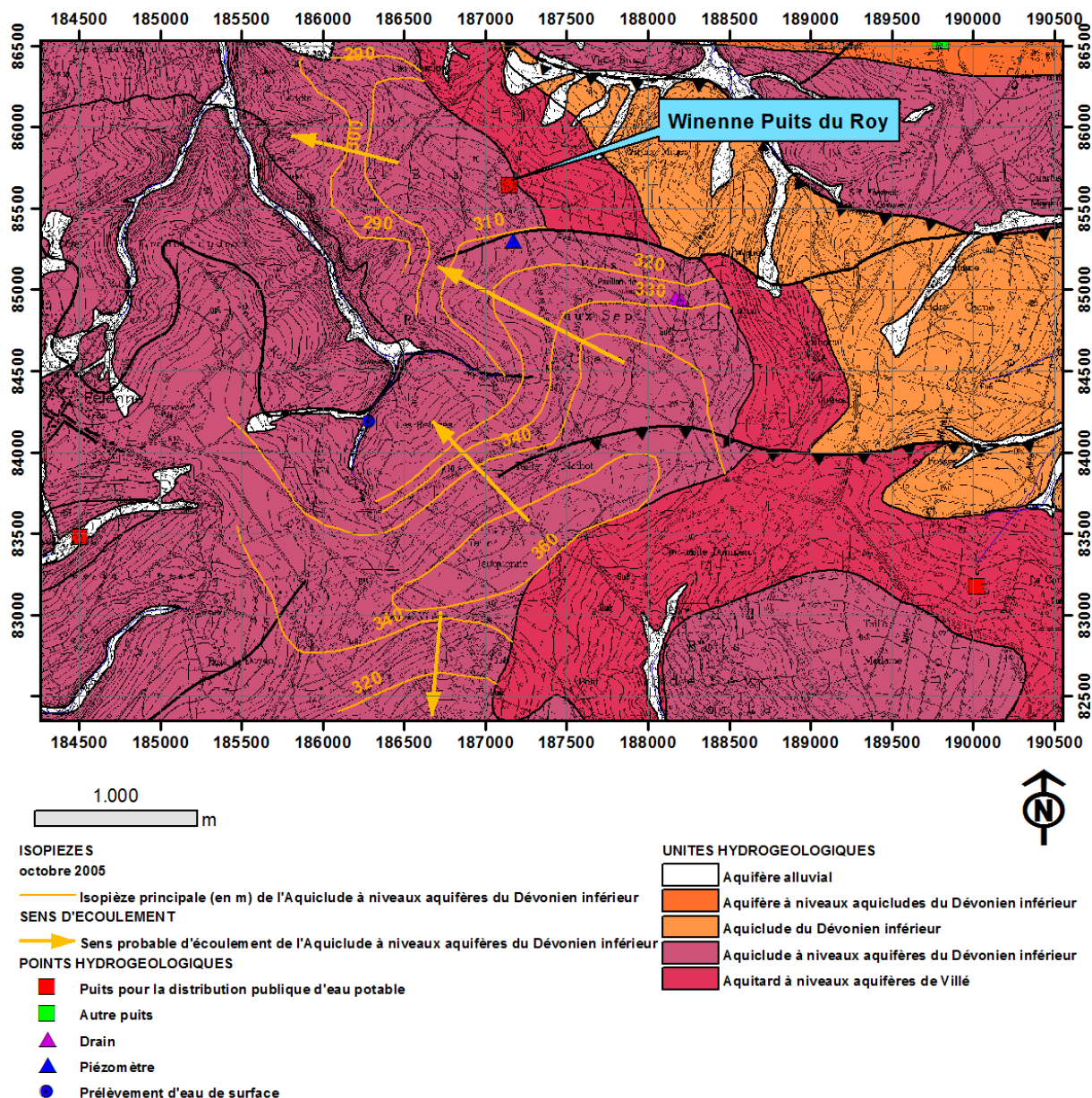


Figure IV.17 : Courbes piézométriques de l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur aux environs du captage « Puits du Roy » à Winenne (INASEP, 2005)

Des relevés piézométriques réguliers entre octobre 2004 et septembre 2010 sur les trois piézomètres du CET de Malvoisin (Figure IV.18) ont également permis la définition d'un sens d'écoulement local dans le coin sud-est de la carte. Comme le montre le graphique de la Figure IV.19, les variations saisonnières sont extrêmement marquées (plus de 10 mètres) surtout sur le piézomètre Pz2. Cela contraint à distinguer les situations "hautes eaux" et "basses eaux" en matière d'étude des écoulements :

- En période de hautes eaux, l'altitude de la surface piézométrique varie de 405 mètres (à l'ouest du site - Pz3) à 390 mètres (le long des limites est et sud du site - Pz1). Le gradient mesuré entre ces deux points est donc assez important

(environ 1,5 %). Un faible gradient est constaté du Pz2 vers le Pz1, soit en direction de la source du ruisseau de Rochette. C'est cette situation qui est représentée sur la Figure IV.18 ;

- En période de basses eaux, le toit de la nappe s'abaisse d'environ 10 mètres dans les piézomètres Pz1 et Pz3. Le Pz2 s'assèche complètement, rendant impossible la mesure du battement réel. Il est toutefois certain que le gradient mesuré du Pz1 vers le Pz2 en hautes eaux, s'inverse en basses eaux. En d'autres termes, la direction de l'écoulement au droit de la zone d'enfouissement passe de l'est-nord-est à l'est-sud-est.

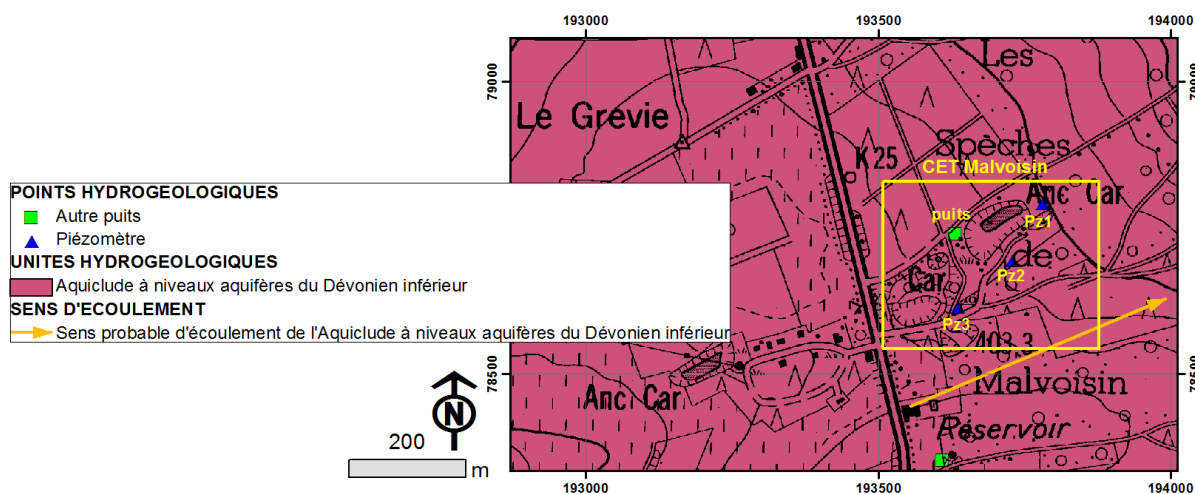


Figure IV.18 : Localisation des ouvrages du CET de Malvoisin et sens d'écoulement en période de hautes eaux

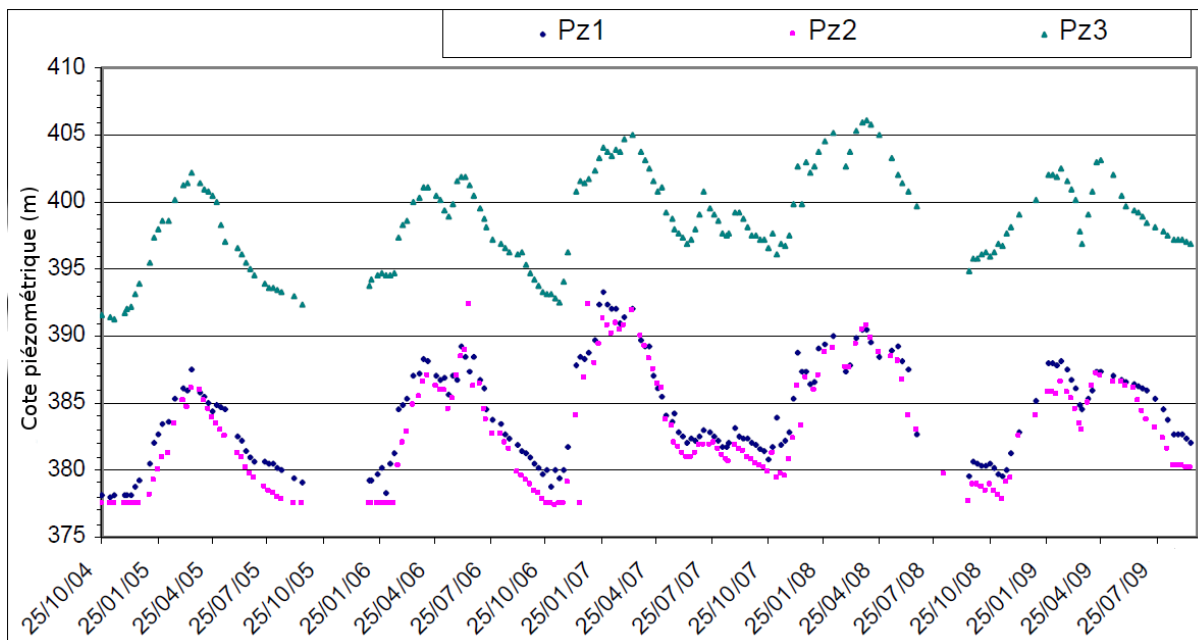


Figure IV.19 : Evolution piézométrique des piézomètres « Pz1 », « Pz2 » et « Pz3 » du CET de Malvoisin de 2004 à 2010

IV.3.2.2. Aquitard à niveaux aquifères de Villé

Cette unité hydrogéologique est composée de schistes et siltites à fraction carbonatée (aquitard) interstratifiés de niveaux gréseux (aquifères). Il n'y a malheureusement pas de mesures piézométriques pour cette unité vu sa faible exploitation, on peut toutefois supposer une nappe aquifère légèrement plus profonde que celles des deux aquicludes (aquiclude et aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur) qui l'entourent du fait de sa meilleure perméabilité.

IV.3.2.3. Aquiclude du Dévonien inférieur

C'est un aquiclude formé essentiellement de schistes et de phyllades, avec de rares niveaux aquifères dans les passages de "grès arkosiques", ainsi que dans les zones de fissures notamment au niveau des failles. Notons toutefois que même si les failles sont potentiellement aquifères, elles peuvent être comblées d'argiles, principal produit d'altération des schistes et des phyllades. Le rendement global de cette unité hydrogéologique est donc très faible.

Seul un puits à usage agricole exploite cette unité hydrogéologique sur la carte Felenne – Vencimont, il s'agit du puits « DOMAINE DES LOGES » (localisation à la Figure IV.20), profond de 55 m, qui a montré un niveau d'eau à 21,38 m soit une cote topographique de 308,62 m le 12/07/2012.

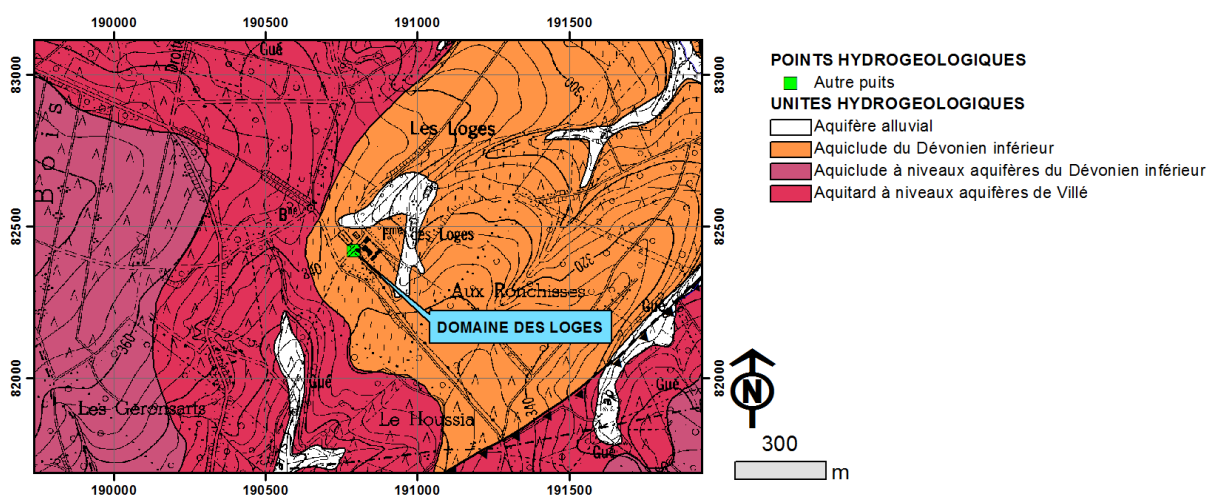


Figure IV.20 : Localisation du puits « DOMAINE DES LOGES » entre Wancennes et Vencimont

IV.3.2.4. Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur

Il n’y a pas de mesures piézométriques pour cette unité sur la carte Felenne – Vencimont. Toutefois, la composition lithologique de cet aquifère laisse supposer une plus grande perméabilité et donc un niveau piézométrique plus bas par rapport aux unités qui l’entourent.

IV.3.2.5. Aquitard du Dévonien inférieur

Peu d’ouvrages exploitent cet aquitard au droit de la carte, seul deux ont permis une mesure piézométrique, il s’agit du « Forage puits géothermique » de 90 m de profondeur situé à Winenne (Figure IV.21) et du « Puits THIANGE » d’une profondeur de 50 m dans le village de Wancennes (Figure IV.22). Les résultats présentés au Tableau IV.4 montrent une nappe affleurante à sub-affleurante, assez caractéristique des unités aquitards.

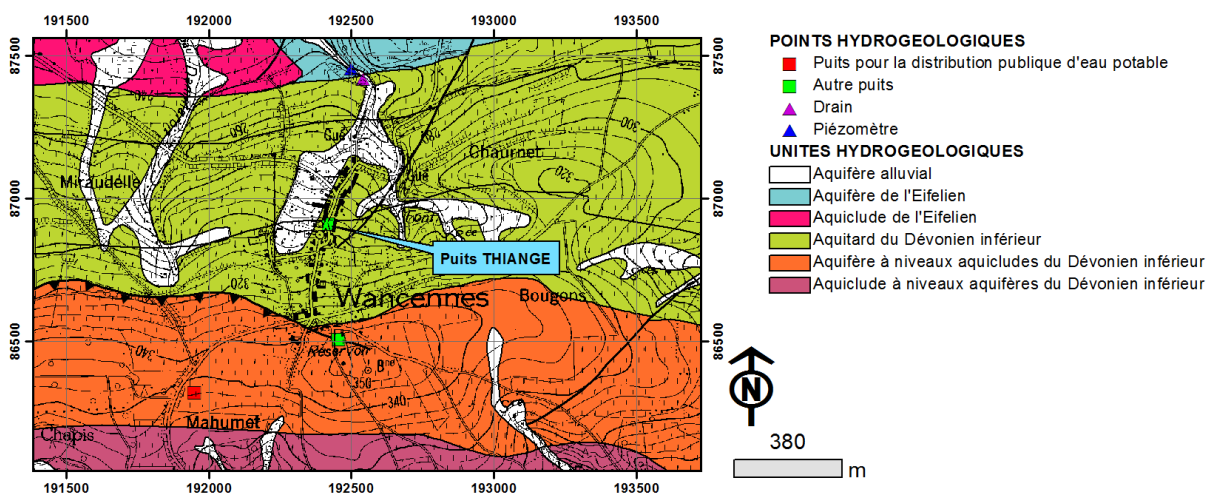
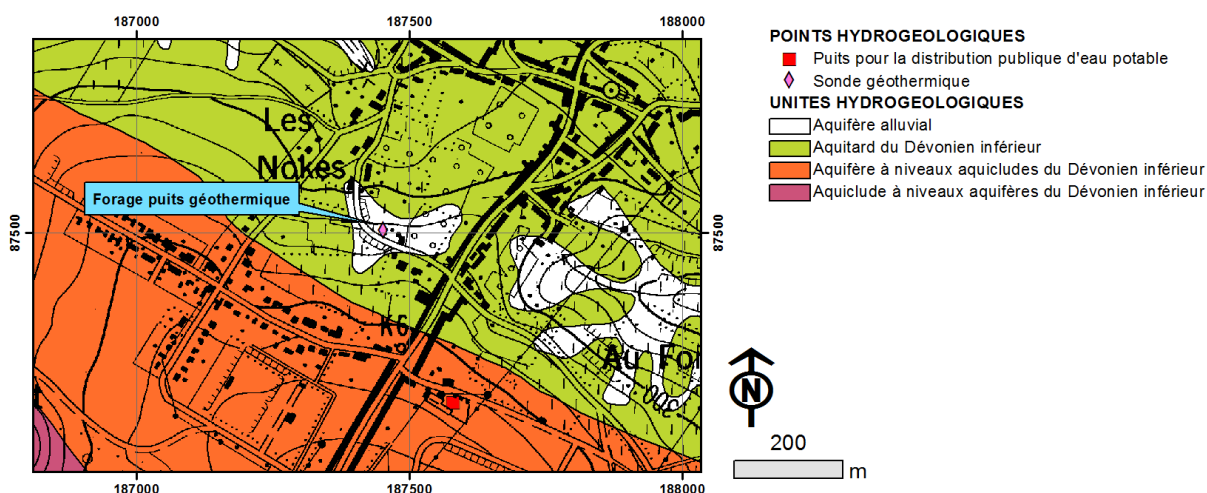


Tableau IV.4 : Mesures piézométriques effectuées sur les ouvrages « Forage puits géothermique » à Winenne et « Puits THIANGE » à Wancennes

Ouvrage	Niveau piézométrique (m)	Cote (m)	Date
Forage puits géothermique	6	299,5	17/06/2011
Puits THIANGE	0,88	296,1	11/07/2012

IV.3.2.6. Aquiclude de l'Eifelien

Cette unité hydrogéologique peu perméable a une étendue limitée sur la carte Felenne – Vencimont. Elle est également peu exploitée vu son faible rendement, seul le puits à usage agricole « FERME DE WAYI » (localisé à la Figure IV.23) y est foré à 68 m de profondeur. Celui-ci a montré un niveau piézométrique à 1,93 m soit une cote topographique de 253,07 m le 12/07/2012.

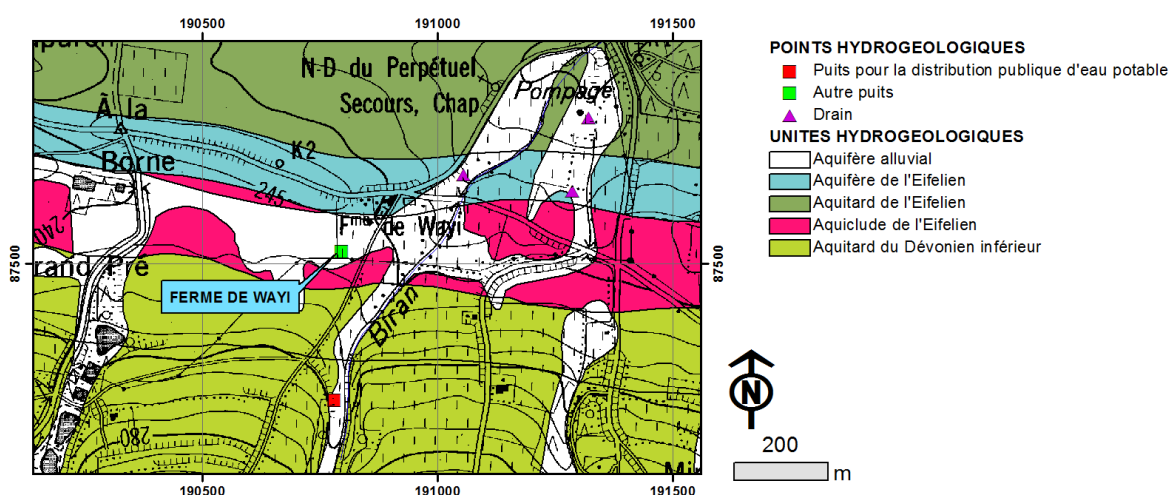


Figure IV.23 : Localisation du puits « FERME DE WAYI » au sud de Beauraing

IV.3.2.7. Aquitard de l'Eifelien

Cet aquitard n'est exploité que par le drain « SAINT-PIERRE N » (Figure IV.24) de la SWDE. Il n'y a donc pas de mesure piézométrique possible, on peut cependant supposer, vu la présence de ce drain, un niveau d'eau plus proche de la surface topographique par rapport aux deux aquifères carbonatés qui l'encadrent.

IV.3.2.8. Aquifère de l'Eifelien

Cet aquifère calcaire est abondamment exploité par les distributeurs d'eau dans la région. La SWDE y exploite deux puits forés (« CASTEL PR1 » et « SALUMONT P5 ») et trois drains (« SAINT-PIERRE W », « SAINT-PIERRE S » et « CASTEL D1 ») sur la carte 58/7-8, l'ensemble de ces ouvrages est localisé à la Figure IV.24.

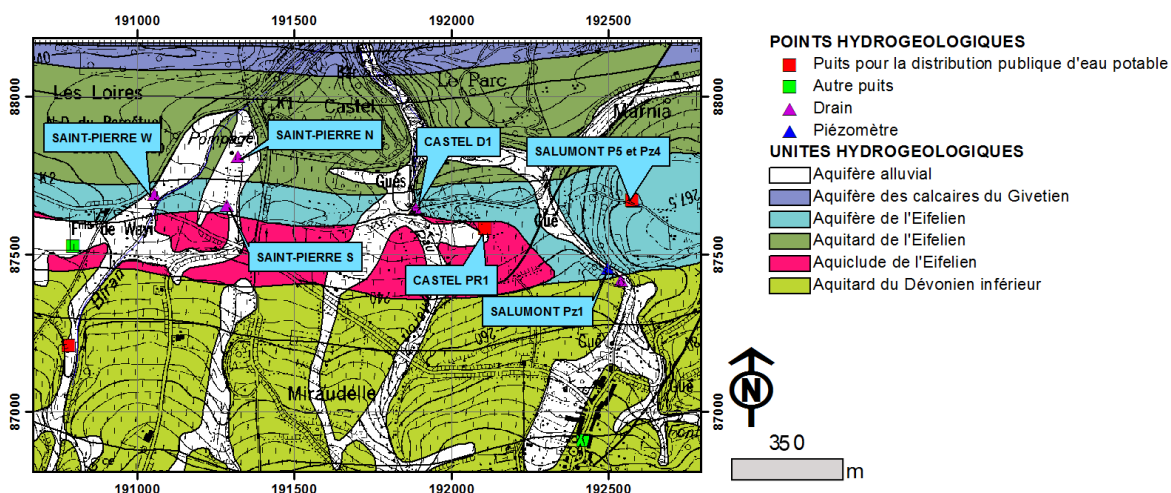


Figure IV.24 : Localisation des ouvrages des sites SWDE « Saint-Pierre », « Castel » et « Salumont »

Le puits « CASTEL PR1 » dispose de mesures piézométriques de 2005 jusqu'à sa mise en service en 2008, elles sont reprises sur le graphique de la Figure IV.25. Les variations de niveau ne semblent pas liées aux saisons comme pour les aquifères moins perméables mais plutôt dépendre directement de la pluviométrie. On observe, par exemple, une variation de 5 m en l'espace de 15 jours en mars 2008.

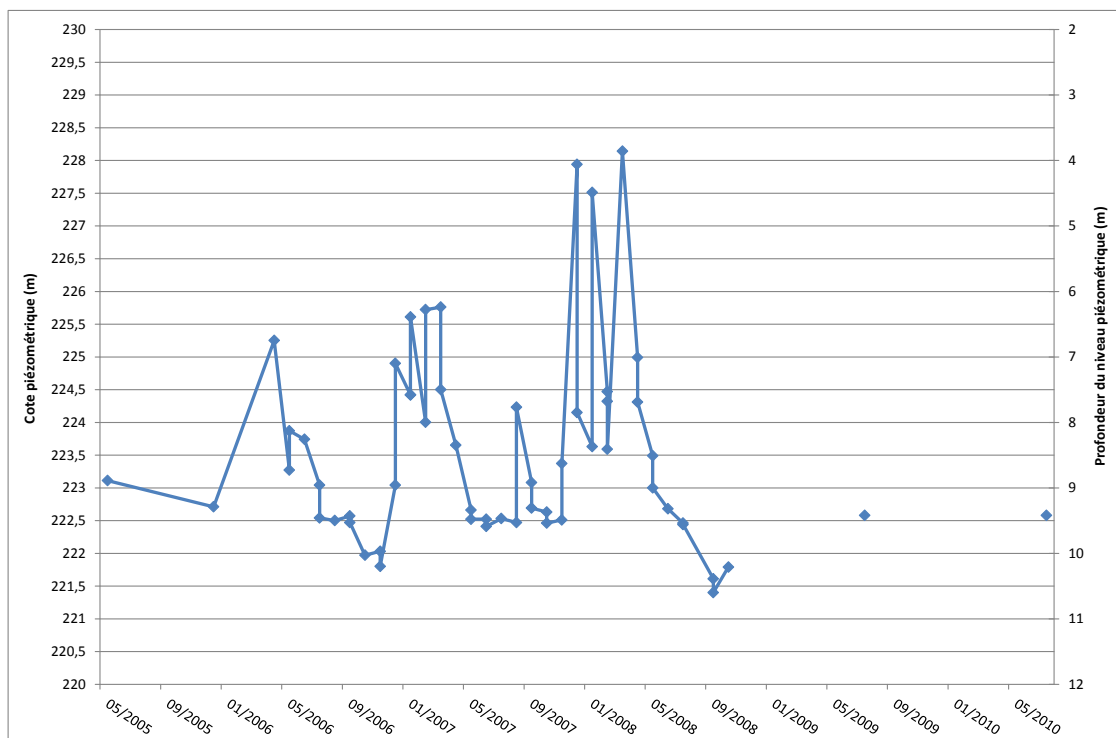


Figure IV.25 : Evolution piézométrique du puits « CASTEL PR1 » de 2005 à 2010

Les piézomètres « SALUMONT Pz1 » et « SALUMONT Pz4 » font l'objet de mesures annuelles depuis 2005, les résultats sont présentés sur les graphiques de la Figure IV.26 et

de la Figure IV.27. Les pics correspondent à des mesures réalisées en période de hautes eaux. Les variations saisonnières seraient respectivement de l'ordre de 3 à 6 m.

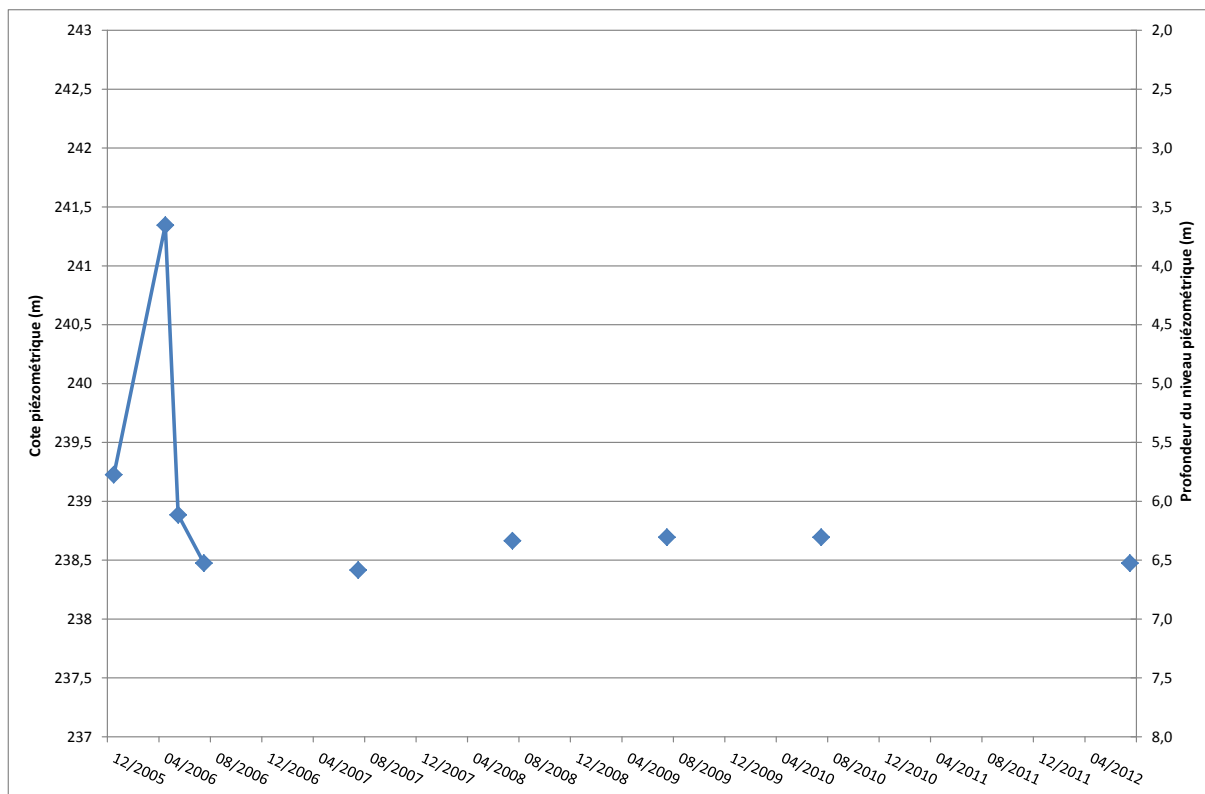


Figure IV.26 : Evolution piézométrique du piézomètre « SALUMONT Pz1 » de 2005 à 2012

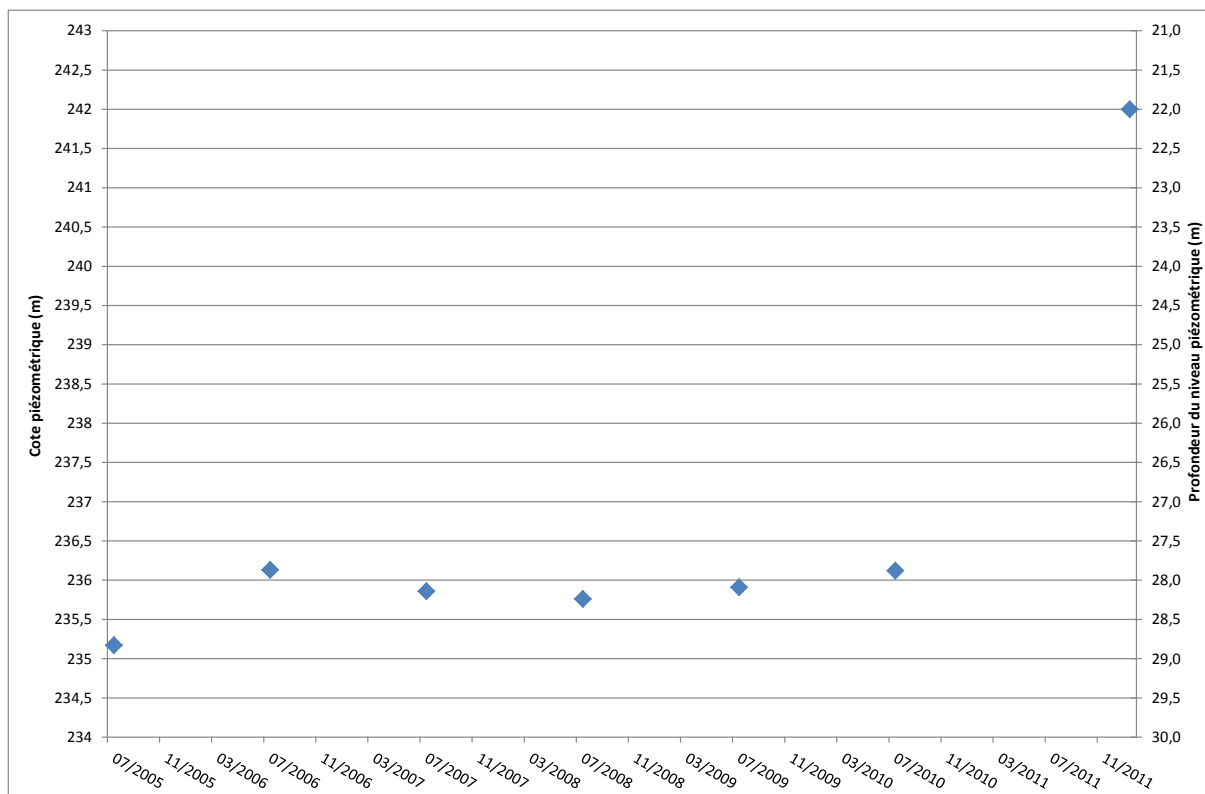


Figure IV.27 : Evolution piézométrique du piézomètre « SALUMONT Pz4 » de 2005 à 2012

IV.3.2.9. Aquifère des calcaires du Givetien

Vu sa faible extension sur la carte 58/7-8, aucune donnée piézométrique n'est disponible pour cet aquifère. D'après les informations de la carte voisine Agimont – Beauraing (Nogarède *et al.*, 2007), le niveau piézométrique oscillerait entre 10 et 30 m sous le niveau topographique selon la morphologie du réseau hydrographique.

IV.3.2.10. Conclusions

Les niveaux piézométriques les moins profonds (nappe affleurante à sub-affleurante) s'observent généralement dans les terrains à composante schisteuse importante et donc de faible perméabilité comme c'est par exemple le cas pour les terrains du Dévonien inférieur. A contrario, les niveaux les plus profonds (20 à 30 m) sont mesurés au droit des terrains calcaires beaucoup plus perméables et qui offrent une meilleure circulation des eaux souterraines. Ces aquifères calcaires sont également les plus sensibles aux variations de pluviométrie et peuvent donc présenter des variations d'amplitudes saisonnières de l'ordre de 5 m.

IV.4. COUPES HYDROGÉOLOGIQUES

Le manque d'informations géologiques dans la région de Felenne – Vencimont n'a pas permis de dessiner une coupe géologique continue. Deux coupes hydrogéologiques AA' et BB' ont donc été réalisées. Celles-ci permettent de mieux comprendre la structure géologique et le comportement local des nappes. Leurs positions ont été choisies afin que la coupe soit représentative de la géologie (structures et lithologies), de l'hydrographie et de l'hydrogéologie (unités hydrogéologiques) de la zone cartographiée.

Le trait de coupe AA' (nord de la carte), orienté NE-SW, traverse les terrains du Dévonien moyen ainsi que le sommet du Dévonien inférieur (Figure IV.28). Il part du lieu-dit « Castel Saint-Pierre » au sud de Beuraing et s'arrête à l'entrée du Bois de Wancennes (ou Bois de Beuraing) au sud du lieu-dit « Miraudelle ».

Le trait de coupe BB' (nord-est de la carte), orienté NW-SE, recoupe les terrains du Dévonien inférieur depuis la Formation de Vireux jusqu'à la Formation de Villé. Il part du village de Wancennes, traverse le Ruisseau drainant de Snâye, passe par Vonêche pour se terminer au niveau du Ruisseau de Chenet (Figure IV.28).

Le tracé hypothétique de la surface piézométrique a pu être représenté sur la coupe AA' (Figure IV.29), un rabattement plus important s'observe au niveau des formations aquifères (calcaires eiféliens et givetiens, grès de la Formation de Vireux) alors que la nappe aquifère est affleurante à sub-affleurante au droit des formations aquicludes comme, par exemple, les formations schisteuses du Dévonien inférieur. C'est précisément ces formations majoritairement schisteuses que traverse la coupe BB', le manque d'informations disponibles ne permet pas de représenter le niveau piézométrique, on peut toutefois supposer celui-ci comme affleurant à sub-affleurant et parallèle à la topographie. Les cours d'eau (Ruisseau de Snâye, Ruisseau du Chenet) peuvent donc être considérés comme drainants au droit de ces terrains peu perméables.

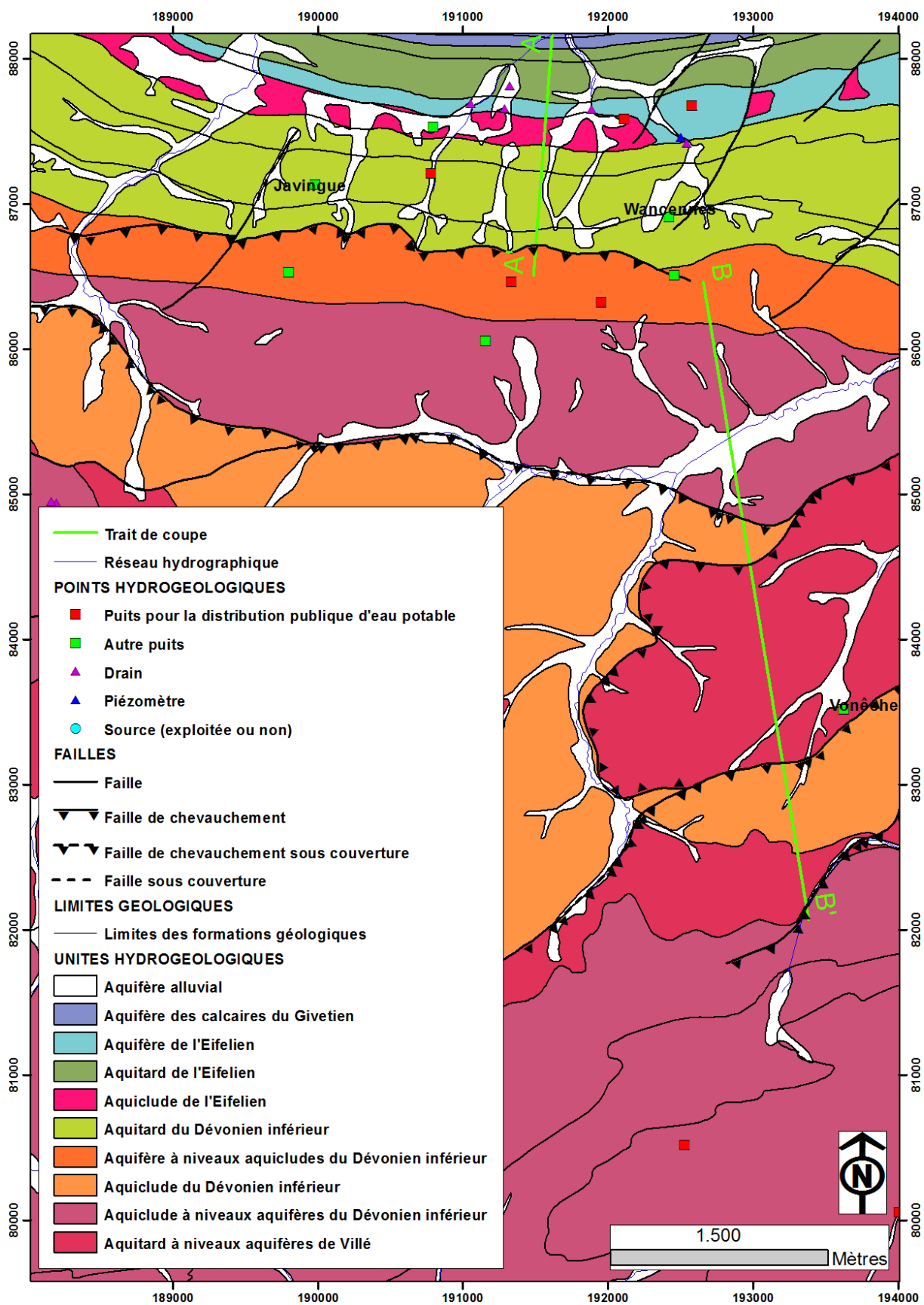
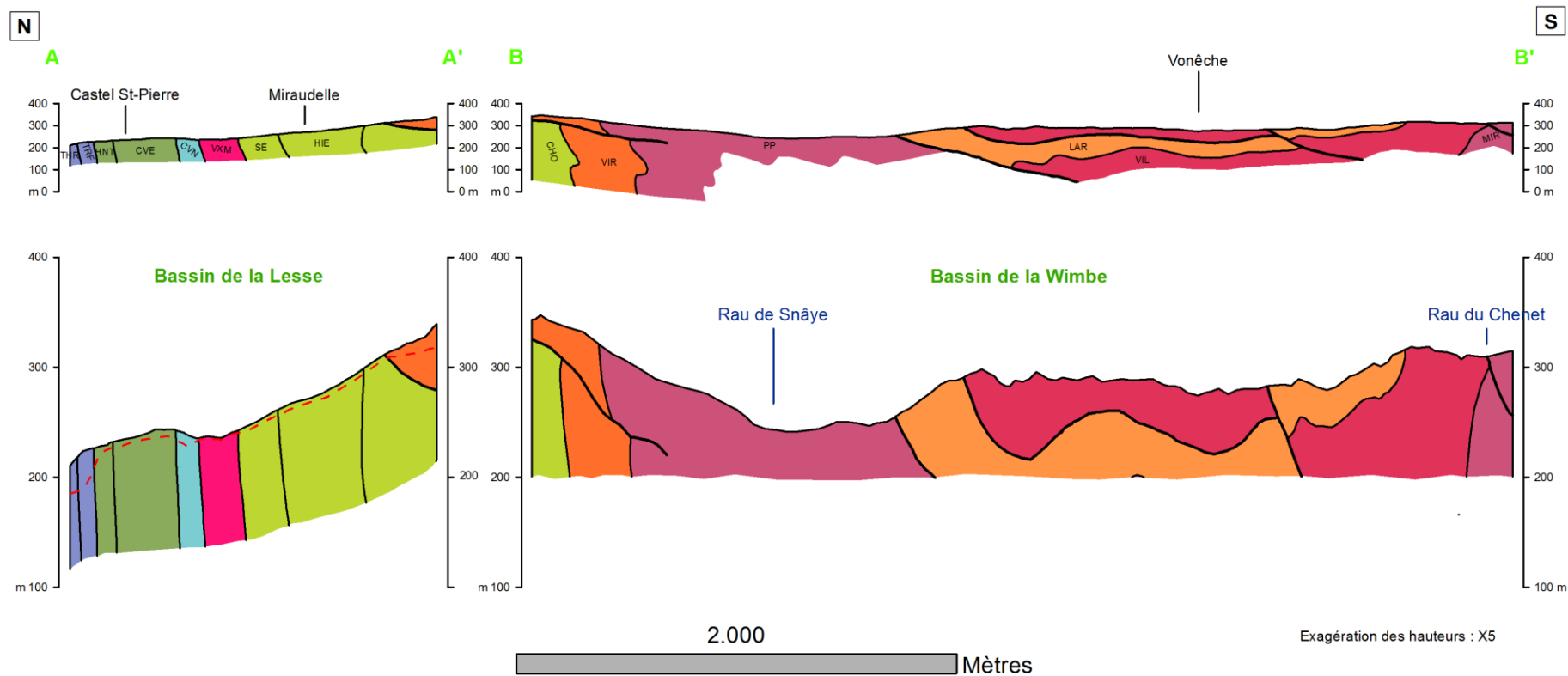


Figure IV.28 : Localisation des traits de coupes AA' et BB' sur la carte 58/7-8



Coupes hydrogéologiques sur fond géologique tiré et modifié des coupes géologiques bb' et dd' de V. Dumoulin et S. Blockmans (2013, Carte géologique de Wallonie)

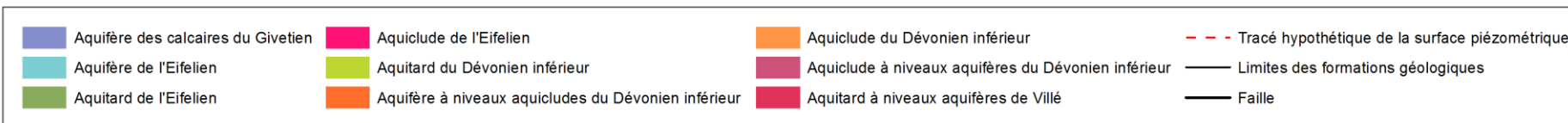


Figure IV.29 : Coupes hydrogéologiques de la planche 58/7-8

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

Les différents types de nappes (Figure IV.30) peuvent être définis comme suit (Poehls & Smith, 2009) :

- Nappe libre : nappe n'étant pas mise sous pression par des roches imperméables susjacentes 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.

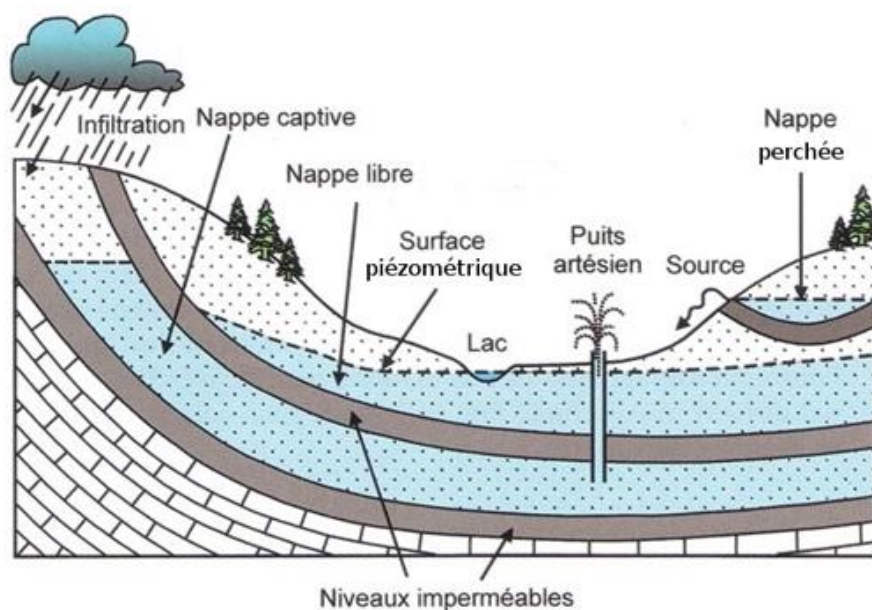


Figure IV.30 : Représentation schématique des différents types de nappes (d'après Dejonghe, 2007, modifié)

Sur la planche 58/7-8, les nappes contenues dans l'ensemble des formations sont considérées comme libres pour une profondeur de forage de l'ordre de 100 m. Bien sûr, à plus grande profondeur, en fonction des structures, une nappe libre peut se transformer en nappe captive. Ce serait par exemple le cas d'une zone gréseuse localisée entre deux unités plus schisteuses.

Ce caractère libre est représenté sur la « Carte des informations complémentaires et des caractères des nappes » sur le poster A0 joint à cette notice.

V. CADRE HYDROCHIMIQUE

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

V.1. CARACTÉRISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

Les analyses chimiques ne sont pas nombreuses sur la planche 58/7-8, toutefois, on dispose d'analyses concernant les eaux de l'Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur, de l'Aquitard du Dévonien inférieur et de l'Aquifère de l'Eifelien. Ces analyses proviennent des sociétés de distribution d'eau (SWDE et INASEP) ou des communes.

V.1.1. Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Seuls deux ouvrages disposent d'analyses chimiques pour cette unité hydrogéologique, il s'agit du puits « WINENNE PUITTS DU ROY » de l'INASEP (localisé à la Figure IV.15, p.29) et du drain « BAIRY I » propriété de la Commune de Gedinne (localisation à la Figure V.1). Les résultats sont présentés au Tableau V.1.

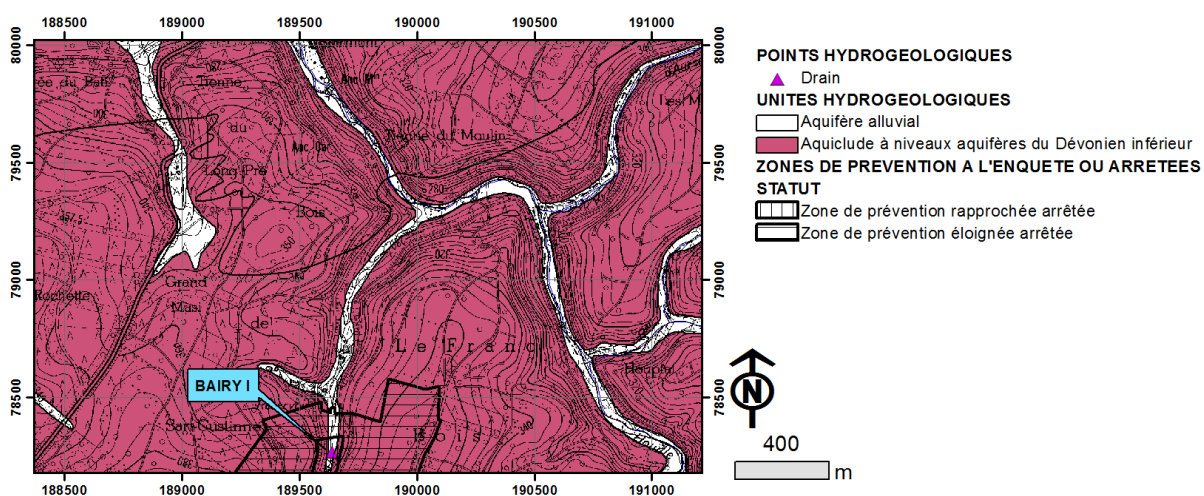


Figure V.1 : Localisation du drain « BAIRY I » à l'extrême sud de la carte

Tableau V.1 : Résultats des analyses chimiques pour l'Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Paramètres	Unités	Norme	WINENNE PUITS DU ROY	BAIRY I
Profondeur (m)			120	s.o.
Date de prélèvement			17/03/2009	15/06/2004
pH	unité pH	6,5 à 9,5	7,0	6,42
Conductivité électrique	µS/cm	2500	220	107
Dureté totale	°F	67,5	11,3	5,5
Aluminium	µg/l Al	200	0	<10
Calcium	mg/l Ca	270	19,3	11,8
Sodium	mg/l Na	200	6,2	5,2
Potassium	mg/l K		0,8	0,49
Magnésium	mg/l Mg	50	15,8	2,5
Fer (total dissous)	µg/l Fe	200	2671	<100
Manganèse	µg/l Mn	50	391,6	<30
Chlorures	mg/l Cl	250	14,9	9,0
Nitrates	mg/l NO3	50	0	8,0
Nitrites	mg/l NO2	0,5	0	0
Ammonium	mg/l NH4	0,5	0	0
Phosphates	µg/l PO4		0	0,06
Sulfates	mg/l SO4	250	5,0	5,9
TAC	° F		12,5	3,4

Ces eaux sont de type bicarbonaté-calcique. Le pH est légèrement acide à neutre et les conductivités ont des valeurs faibles (environ 100 et 220 µS/cm). On constate pour le « PUIITS DU ROY » de forts dépassements des normes en fer et manganèse, c'est l'oxygène dissous et la réduction du fer et du manganèse qui expliquent ces teneurs élevées en nappes profondes anoxiques. Un traitement aisé et naturel par aération des eaux permet toutefois de revenir à une concentration normale.

V.1.2. Aquitard du Dévonien inférieur

Seul le drain SWDE « FONTAINE AUX BUSES » (Figure V.2) dispose d'analyses chimiques. Les résultats sont présentés au Tableau V.2.

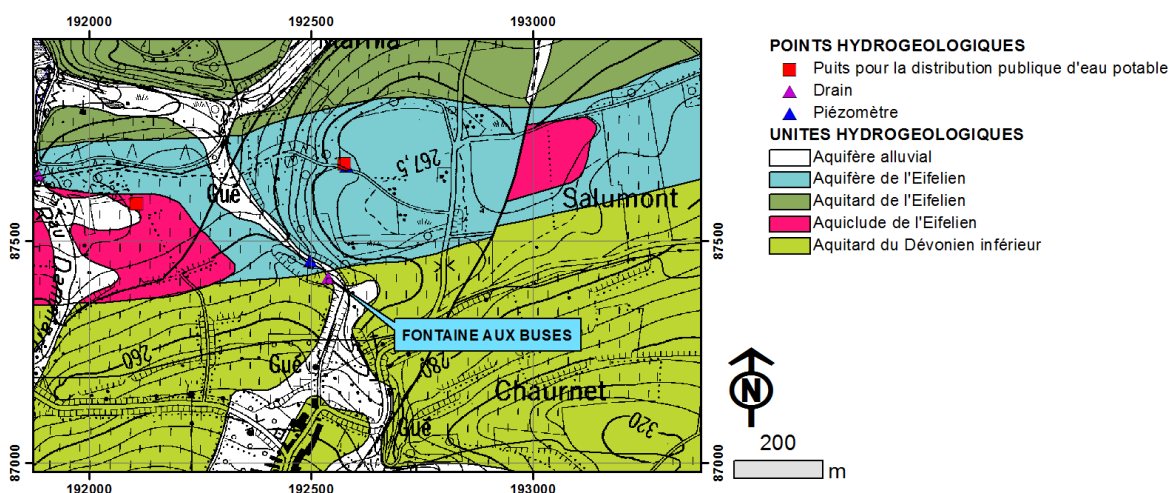


Figure V.2 : Localisation du drain « FONTAINE AUX BUSES » à Beauraing

Au niveau de cet ouvrage, le pH est proche de la neutralité (7,2) et la conductivité moyenne (500 $\mu\text{S}/\text{cm}$). L'eau semble de bonne qualité excepté un léger dépassement de la norme de 50 mg/l pour les nitrates, cela s'explique par la situation du drain qui subit une forte pression d'origine agricole. Les eaux se classent dans la catégorie « eaux bicarbonatées calciques ».

Tableau V.2 : Résultats des analyses chimiques pour l'Aquitard du Dévonien inférieur

Paramètres	Unités	Norme	FONTAINE AUX BUSES
Profondeur (m)			s.o.
Date de prélèvement			30/08/2011
pH	unité pH	6,5 à 9,5	7,2
Conductivité électrique	$\mu\text{S}/\text{cm}$	2500	501
Dureté totale	$^{\circ}\text{F}$	67,5	28,6
Aluminium	$\mu\text{g}/\text{l Al}$	200	11,0
Calcium	$\text{mg}/\text{l Ca}$	270	103,1
Sodium	$\text{mg}/\text{l Na}$	200	6,5
Potassium	$\text{mg}/\text{l K}$		1,0
Magnésium	$\text{mg}/\text{l Mg}$	50	7,0
Fer (total dissous)	$\mu\text{g}/\text{l Fe}$	200	12,0
Manganèse	$\mu\text{g}/\text{l Mn}$	50	0,1
Nitrates	$\text{mg}/\text{l NO}_3$	50	54
Nitrites	$\text{mg}/\text{l NO}_2$	0,5	0,02
Ammonium	$\text{mg}/\text{l NH}_4$	0,5	0,02
TAC	$^{\circ}\text{F}$		20,3

V.1.3. Aquifère de l'Eifelien

Le drain « CASTEL D1 », le puits « SALUMONT P5 » et le piézomètre « SALUMONT Pz1 » disposent d'analyses en éléments majeurs pour l'aquifère de l'Eifelien. Ces trois ouvrages sont la propriété de la SWDE et sont localisés à la Figure IV.24 (p. 37), les résultats sont présentés au Tableau V.3.

Le pH est proche de la neutralité (7,3 à 7,4) et la conductivité moyenne (de 550 à 600 $\mu\text{S/cm}$). La qualité générale est bonne si ce n'est pour le piézomètre « SALUMONT Pz1 » qui montre de forts dépassements de normes au niveau des métaux (fer, manganèse et aluminium) ainsi qu'en ammonium. La situation de l'ouvrage, juste à côté d'un cours d'eau infiltrant passant par de nombreux champs et prairies, pourrait expliquer en partie ces teneurs extrêmement élevées. La présence d'ammonium, indiquant une pollution organique proche, confirme l'hypothèse d'un cours d'eau infiltrant.

Tableau V.3 : Résultats des analyses chimiques pour l'Aquifère de l'Eifelien

Paramètres	Unités	Norme	CASTEL D1	SALUMONT P5	SALUMONT Pz1
Profondeur (m)			s.o.	76	40
Date de prélèvement			23/08/2011	02/02/2005	30/11/2005
pH	unité pH	6,5 à 9,5	7,4	7,4	7,3
Conductivité électrique	$\mu\text{S/cm}$	2500	561	554	594
Dureté totale	°F	67,5	28,6	32,9	24,9
Aluminium	$\mu\text{g/l Al}$	200	48,0	6,0	539,0
Calcium	mg/l Ca	270	100,1	122,2	85,9
Sodium	mg/l Na	200	10,5	9,0	17,1
Potassium	mg/l K		3,9	2,4	12,2
Magnésium	mg/l Mg	50	8,7	5,8	8,5
Fer (total dissous)	$\mu\text{g/l Fe}$	200	53,0	12,0	419,0
Manganèse	$\mu\text{g/l Mn}$	50	1,9	0,2	1759,0
Chlorures	mg/l Cl	250	29,1	28,0	50,2
Nitrates	mg/l NO_3	50	32,8	49,4	4,2
Nitrites	mg/l NO_2	0,5	0,04	0	0,03
Ammonium	mg/l NH_4	0,5	0,02	0	2,91
Phosphates	$\mu\text{g/l PO}_4$		0,23	0,02	0
Sulfates	mg/l SO_4	250	24,8	23,2	18,7
TAC	° F			25,3	25,7

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 Felenne – Vencimont. La Figure V.3 reprend la classification hydrochimique des eaux souterraines sous forme d'un diagramme de Piper.

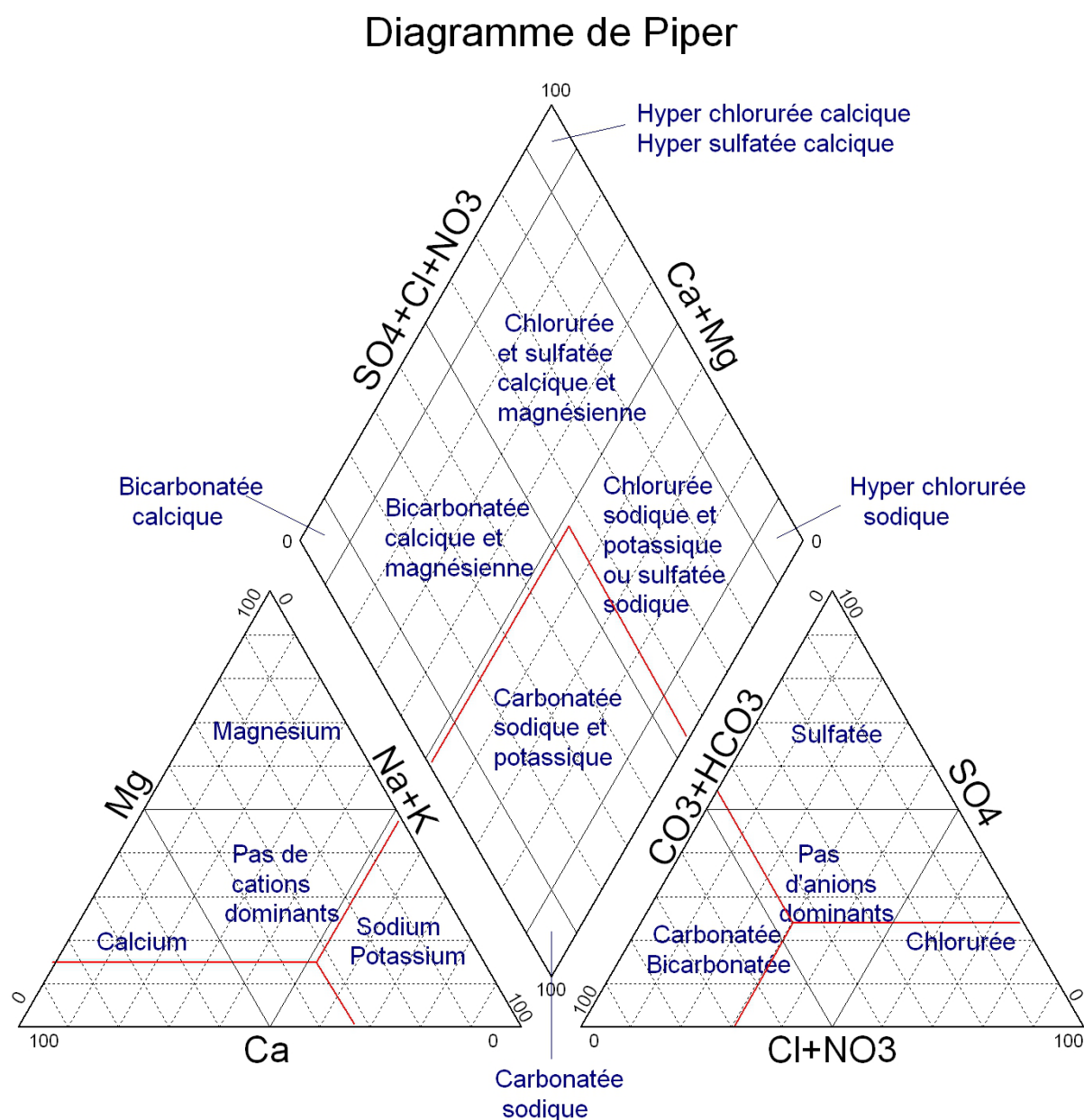


Figure V.3 : Classification hydrochimique des eaux souterraines selon un diagramme de Piper (d'après Fetter, 2001, modifié)

La Figure V.4 reprend sur le diagramme de Piper la position des échantillons analysés. Les données hydrochimiques disponibles dans la région de Felenne – Vencimont, bien que peu nombreuses, permettent de classer les eaux souterraines dans les eaux bicarbonatées calciques.

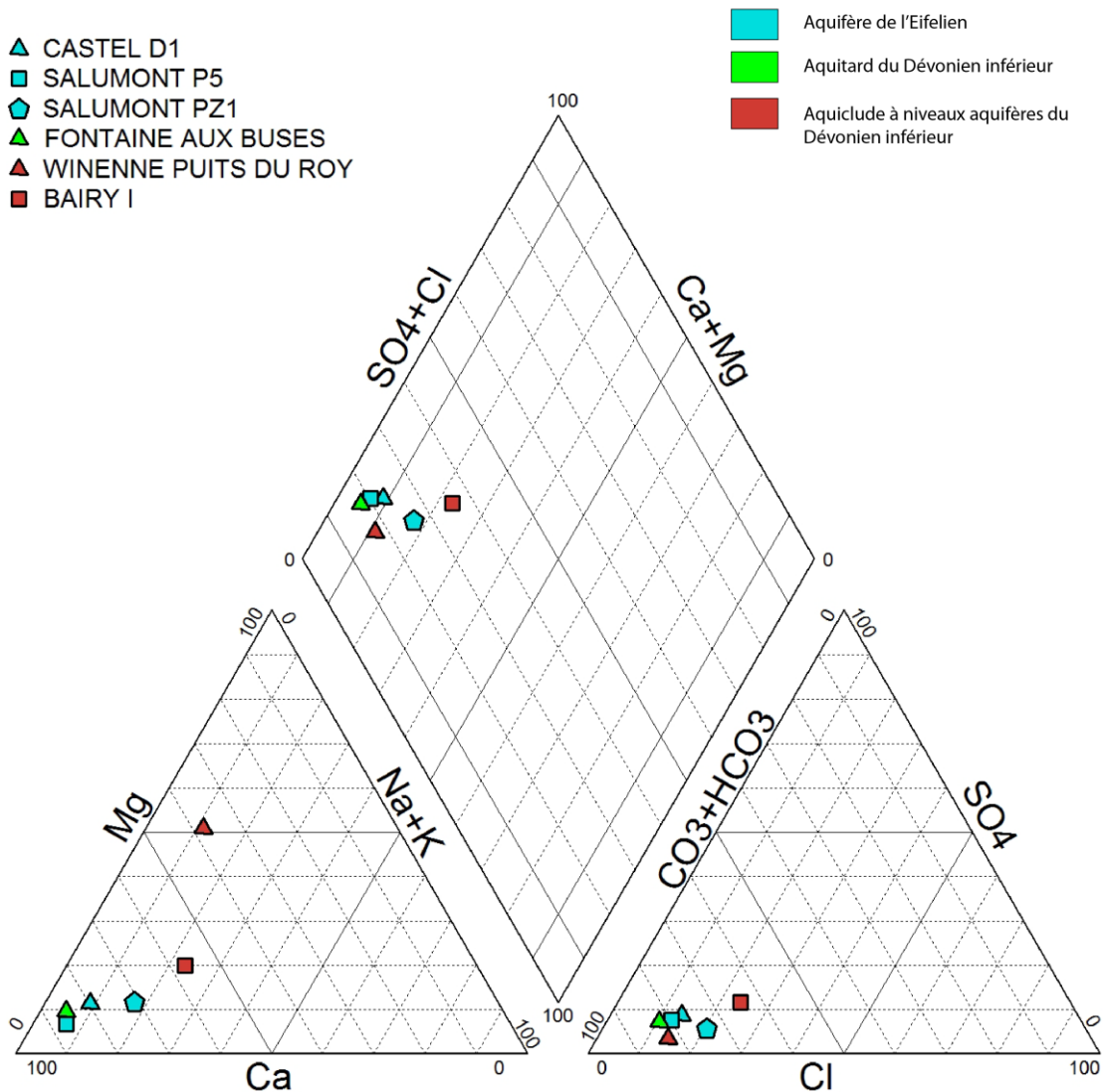


Figure V.4 : Position des analyses hydrochimiques des eaux de la planche 58/7-8 sur le diagramme de Piper

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 NO_3 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.5). Cette désignation implique l'application d'un programme d'action précis dont les mesures ont été arrêtées dans le code de "bonne pratique agricole". Pour plus d'informations, le site www.nitrawal.be peut être consulté.

Sur la Figure V.5, la planche 58/7-8 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]).

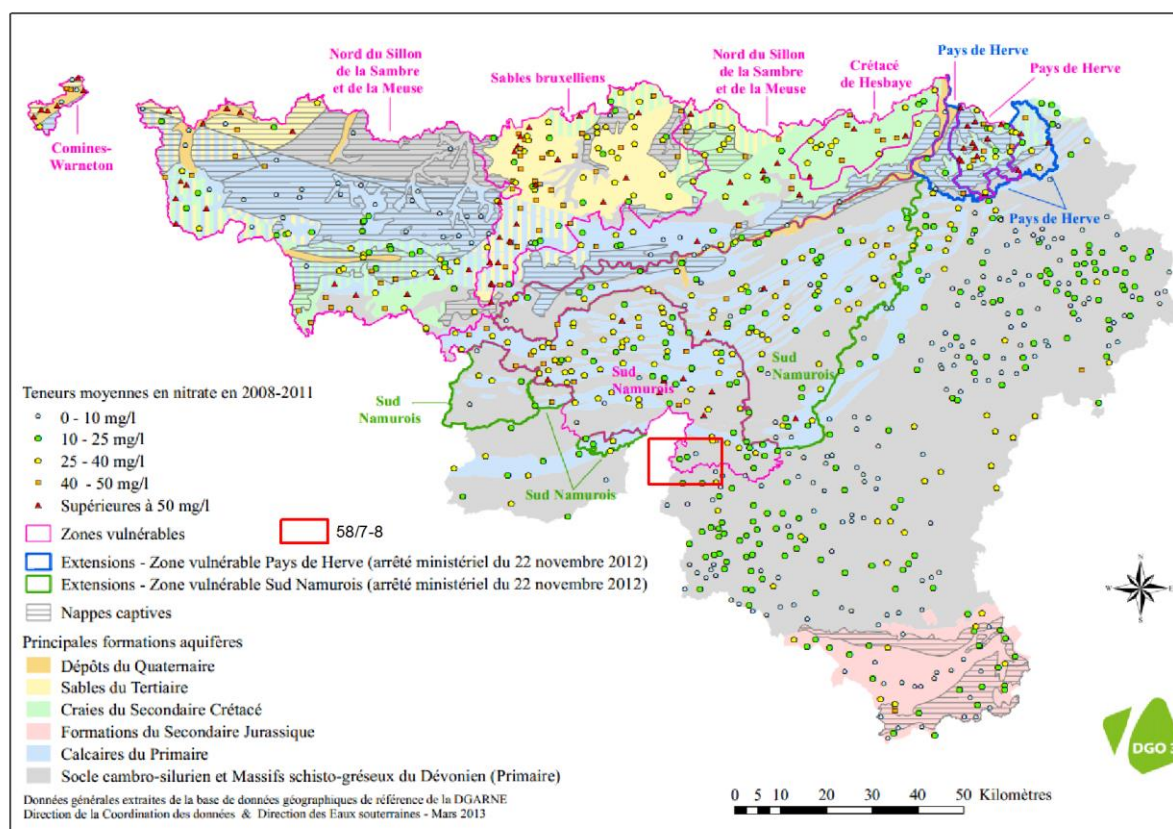


Figure V.5 : Zones vulnérables aux nitrates arrêtées en Wallonie et teneurs moyennes en nitrates de 2008 à 2011 sur les ouvrages du réseau de surveillance du Service Public de Wallonie. Localisation de la carte de Felenne – Vencimont. Source : SPW-DGO3 (2014). Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie, carte c3_2_a4

L'ensemble de ces 6 zones vulnérables aux nitrates reprennent la quasi-totalité (97%) des captages échantillonnés dépassant la norme des 50 mg/l et plus des deux tiers (67,8%) des captages dont la teneur en nitrate est comprise entre 25 et 50 mg/l. La Figure V.6 montre les teneurs moyennes en nitrates pour les années 2004 et 2005 de quelques captages présents

sur la carte, les ouvrages présentant les concentrations les plus élevées se situent effectivement à l'intérieur de la zone vulnérable du « Sud Namurois ».

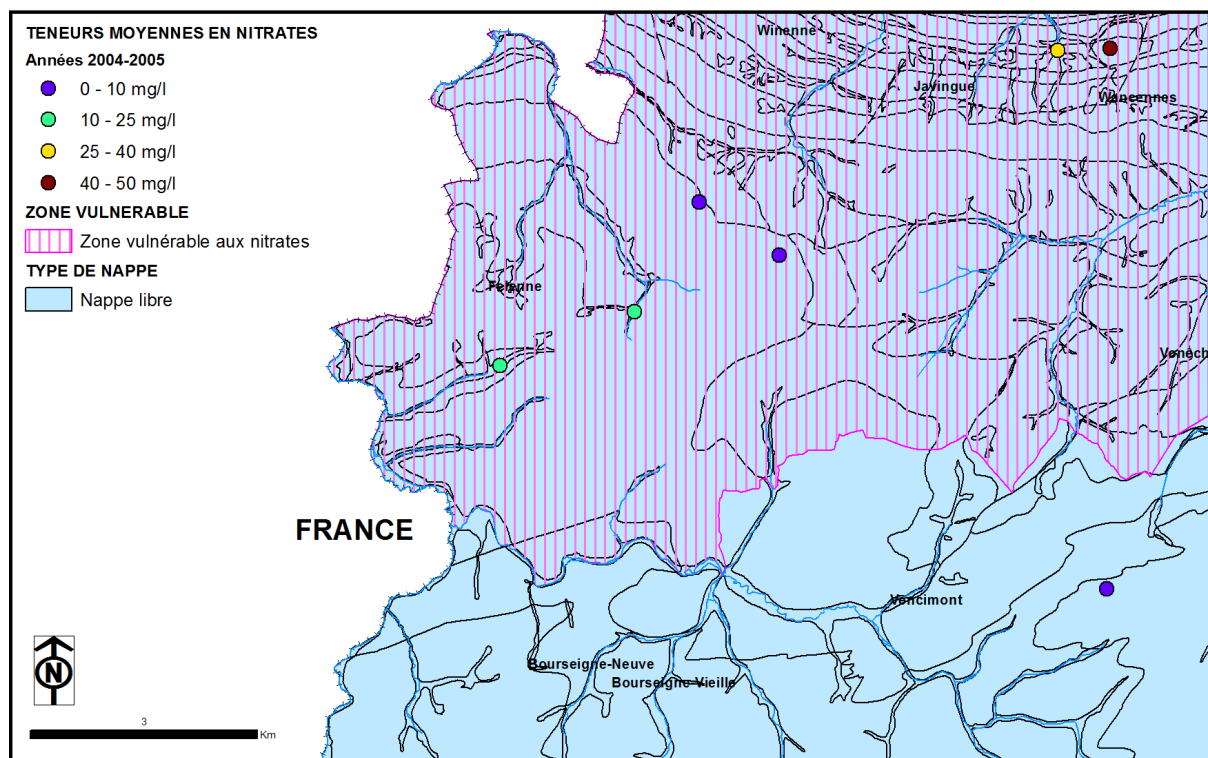


Figure V.6 : Teneurs moyennes en nitrates pour les années 2004 et 2005 de quelques captages de la carte Felenne - Vencimont

Des chroniques des teneurs en nitrates existent pour deux ouvrages de l'Aquifère de l'Eifelien (« CASTEL D1 » et « SALUMONT P5 ») et quatre ouvrages de l'Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur (« PUIITS DU ROY », « CLEMONT 1 ET 2 », « CHEMIN DE BOURSEIGNE » et « PLANET »). La Figure V.7 représente la localisation de ceux-ci sur la carte Felenne – Vencimont.

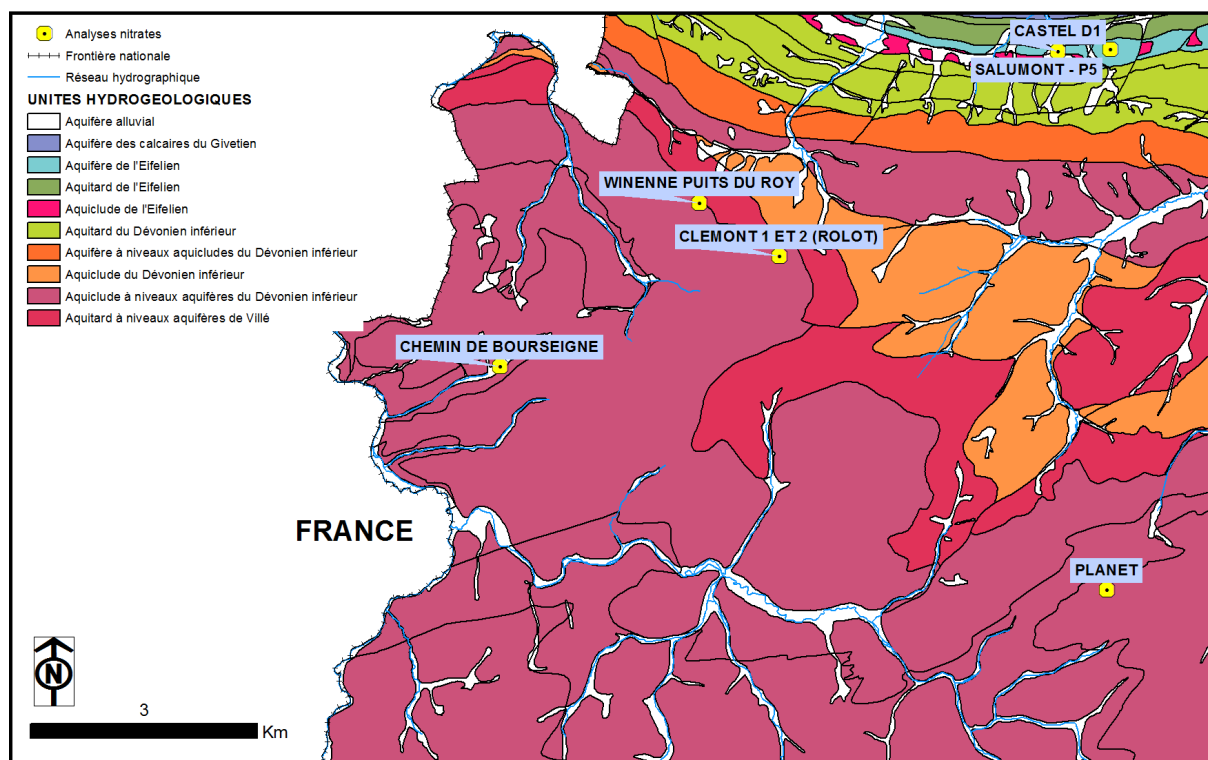


Figure V.7 : Situation des ouvrages disposant de chroniques des teneurs en nitrates sur la planche 58/7-8

L'Aquifère de l'Eifelien est le plus vulnérable aux nitrates avec de fréquents dépassements de la norme de 50 mg/l pour le puits « SALUMONT P5 » (Figure V.9) et des concentrations comprises entre 20 et 45 mg/l pour le drain « CASTEL D1 » (Figure V.8). Ces valeurs montrent bien la forte vulnérabilité des aquifères calcaires, en effet, leur structure hétérogène et anisotrope en lien avec les processus de karstification les rends particulièrement sensibles aux pollutions d'origine anthropique.

Au contraire, l'Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur, moins perméable et mieux protégé par son manteau d'altération, montre des teneurs en nitrates nettement moindres (Figure V.10 à Figure V.13). C'est au niveau du puits « WINENNE Puits du Roy » que l'on observe les valeurs les plus faibles, voire nulles au cours des dernières années (Figure V.10). Le puits « CHEMIN DE BOURSEIGNE » montre les concentrations les plus élevées pour cette unité hydrogéologique avec des valeurs moyennes comprises entre 15 et 25 mg/l (Figure V.12), ce qui reste largement en-dessous de la norme de potabilité.

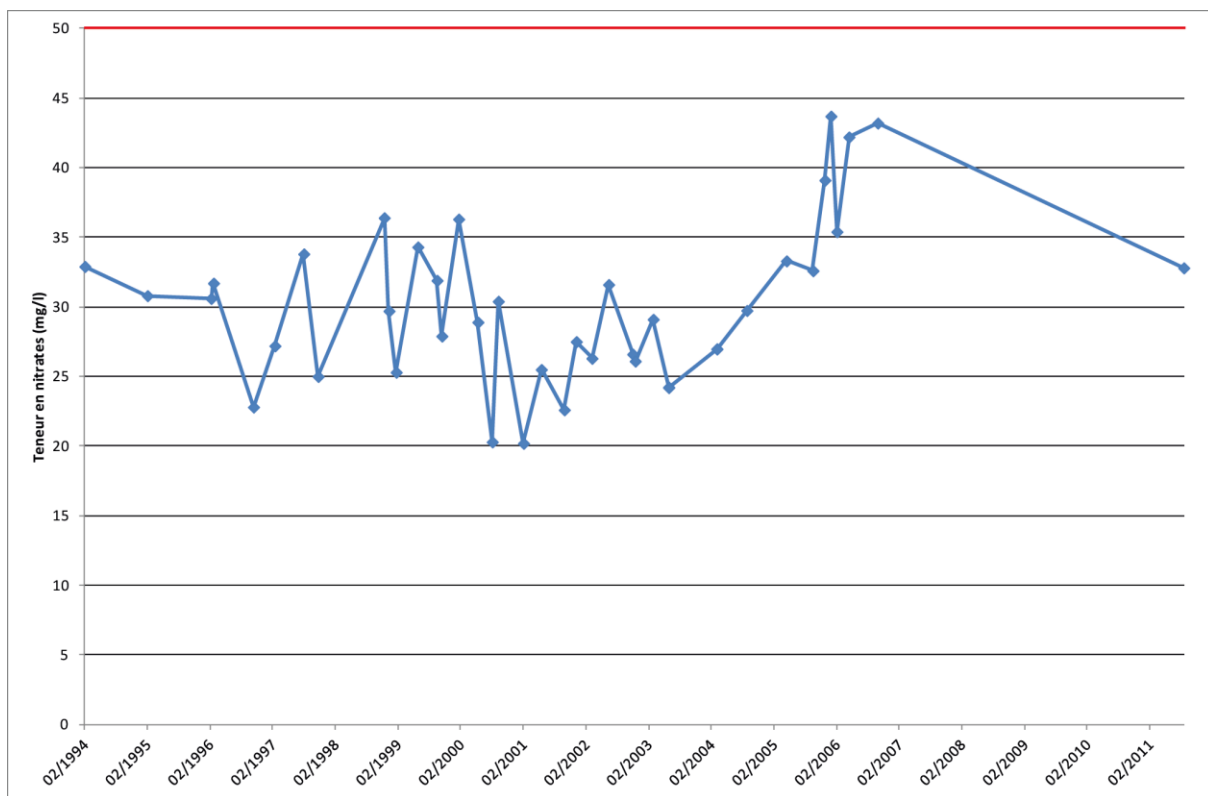


Figure V.8 : Evolution de la teneur en nitrates pour le drain « CASTEL D1 » de la SWDE de 1994 à 2011

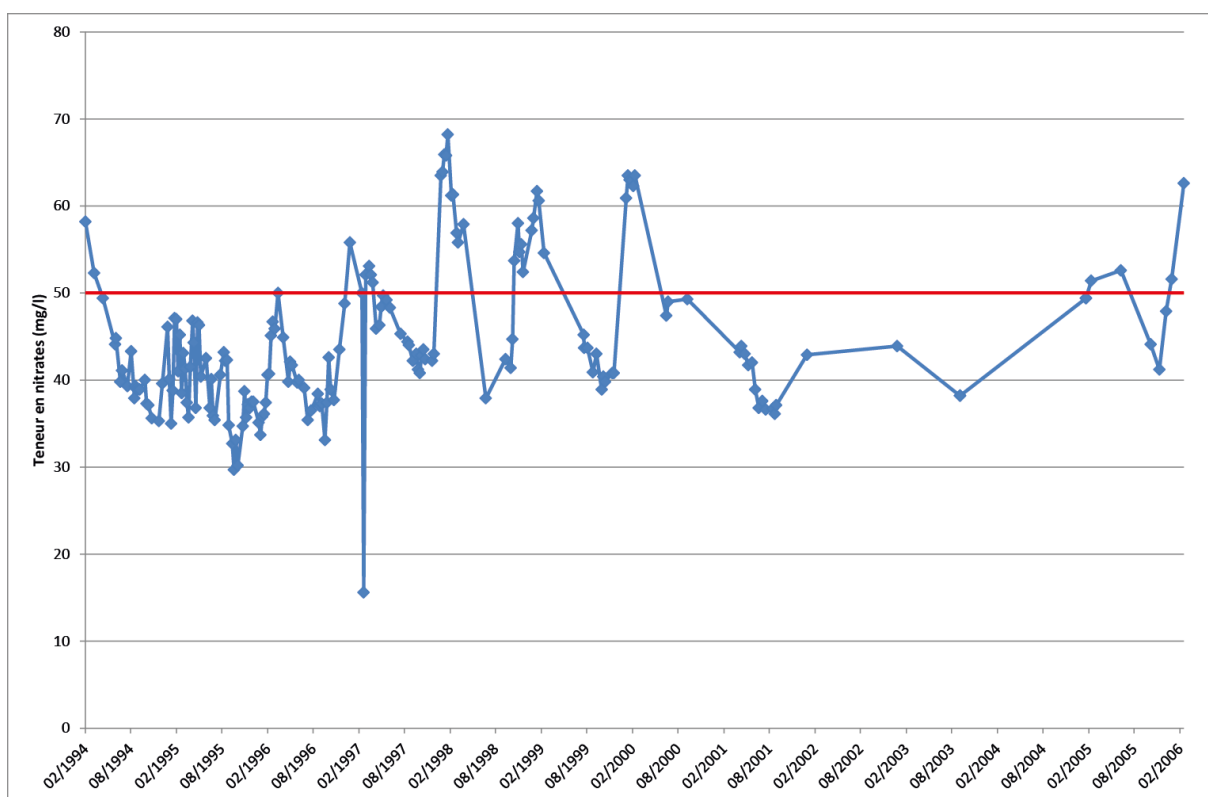


Figure V.9 : Evolution de la teneur en nitrates pour le puits « SALUMONT P5 » de la SWDE de 1994 à 2006

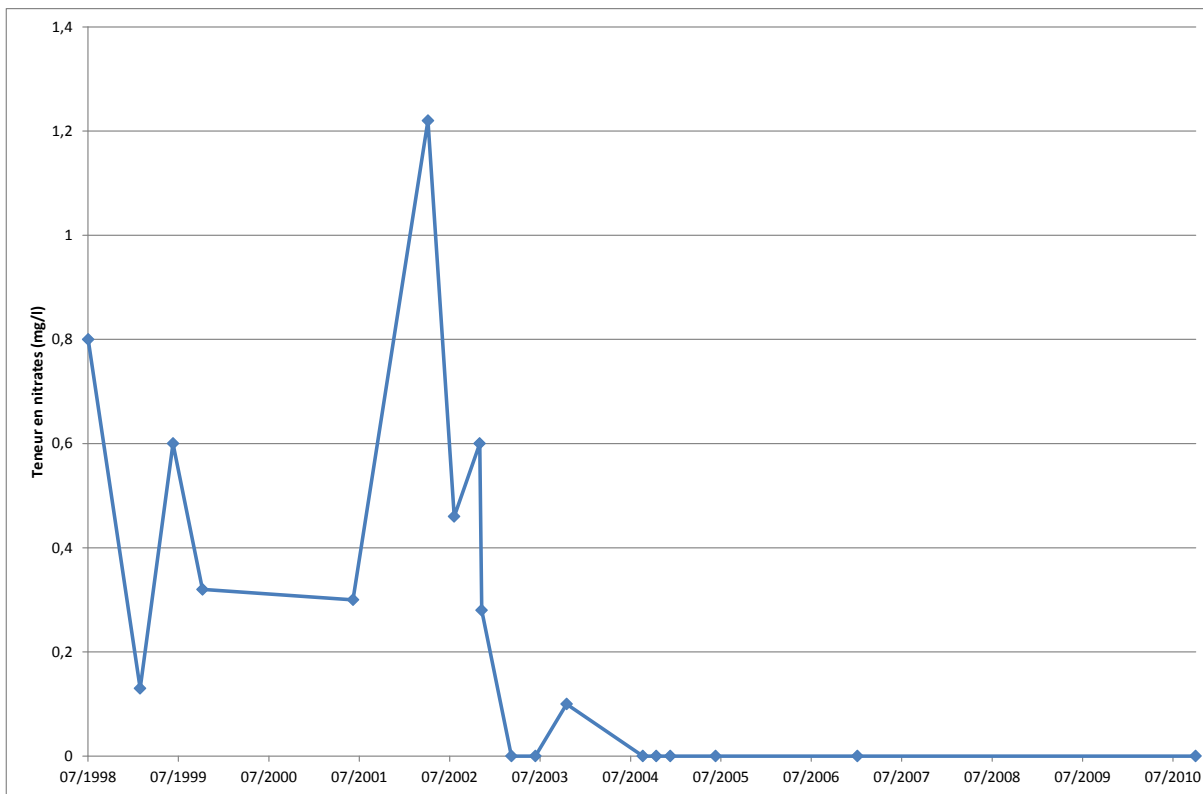


Figure V.10 : Evolution de la teneur en nitrates pour le puits « WINENNE PUIT DU ROY » de l'INASEP de 1998 à 2010

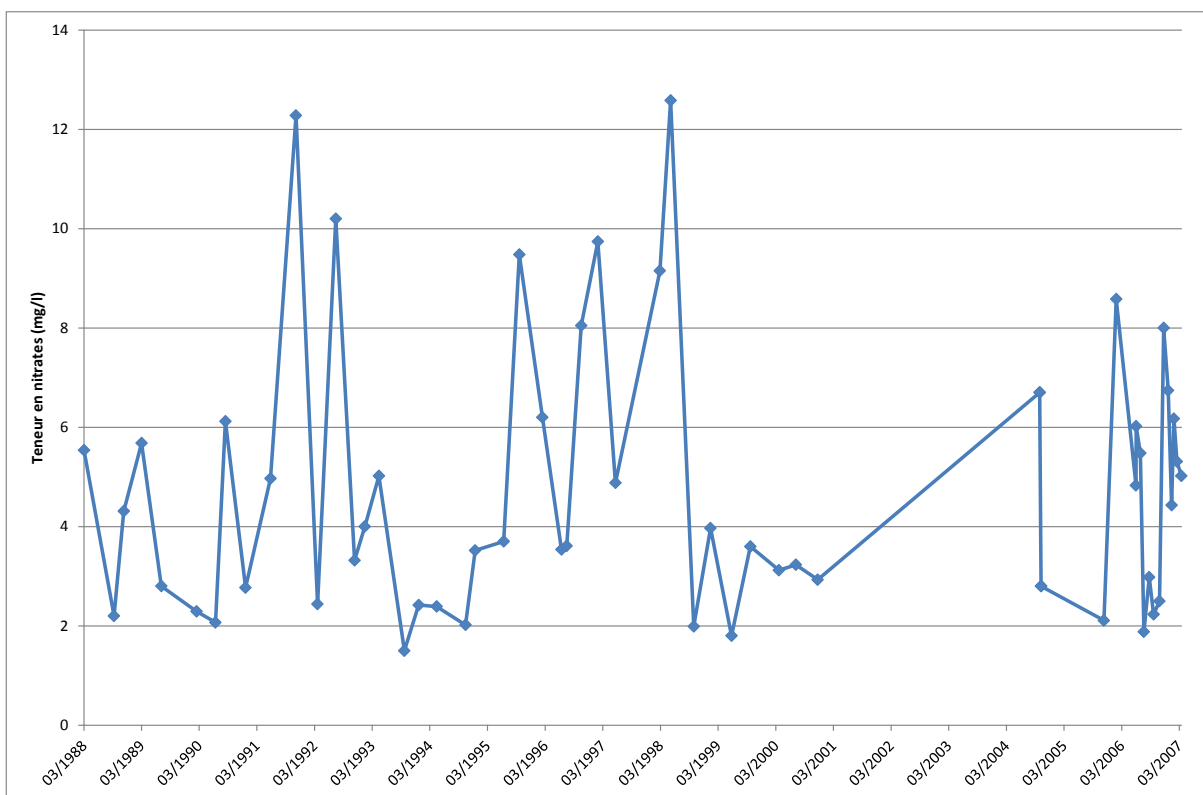


Figure V.11 : Evolution de la teneur en nitrates pour les eaux des drains « CLEMONT 1 ET 2 (ROLOT) » de l'INASEP de 1988 à 2007

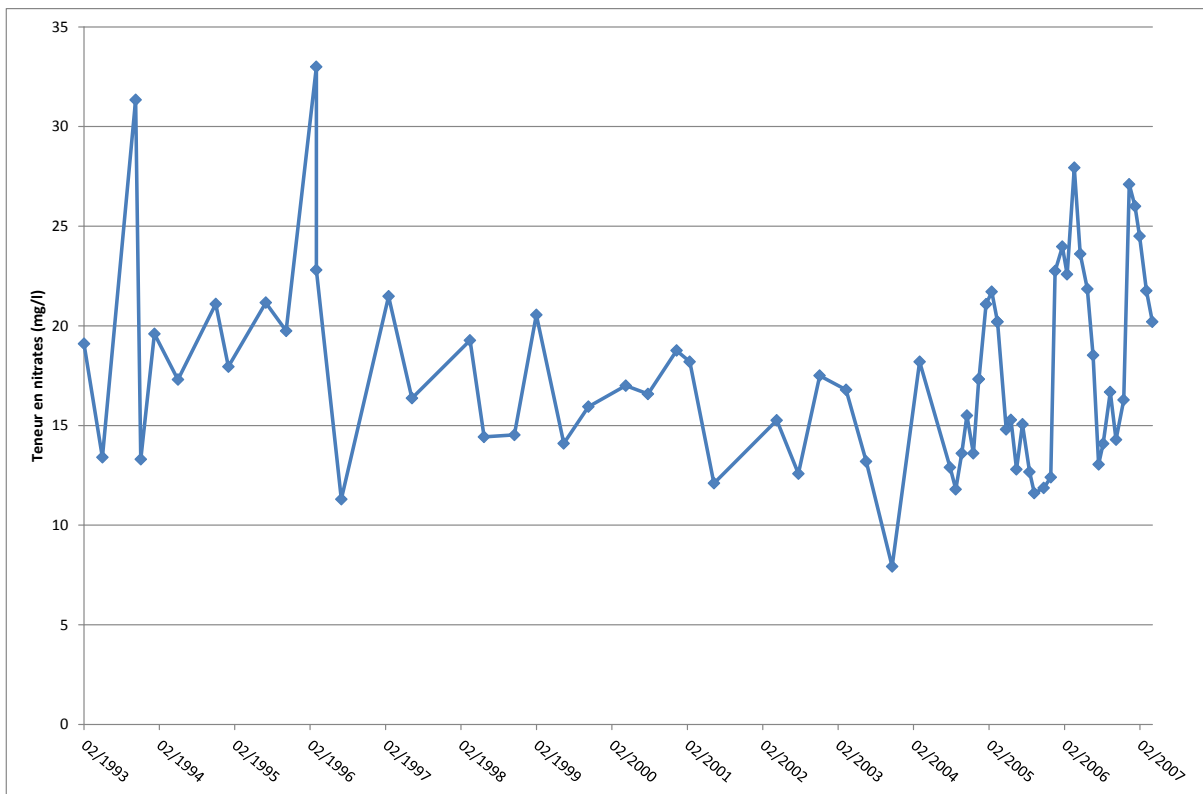


Figure V.12 : Evolution de la teneur en nitrates pour le puits « CHEMIN DE BOURSEIGNE » de l'INASEP de 1993 à 2007

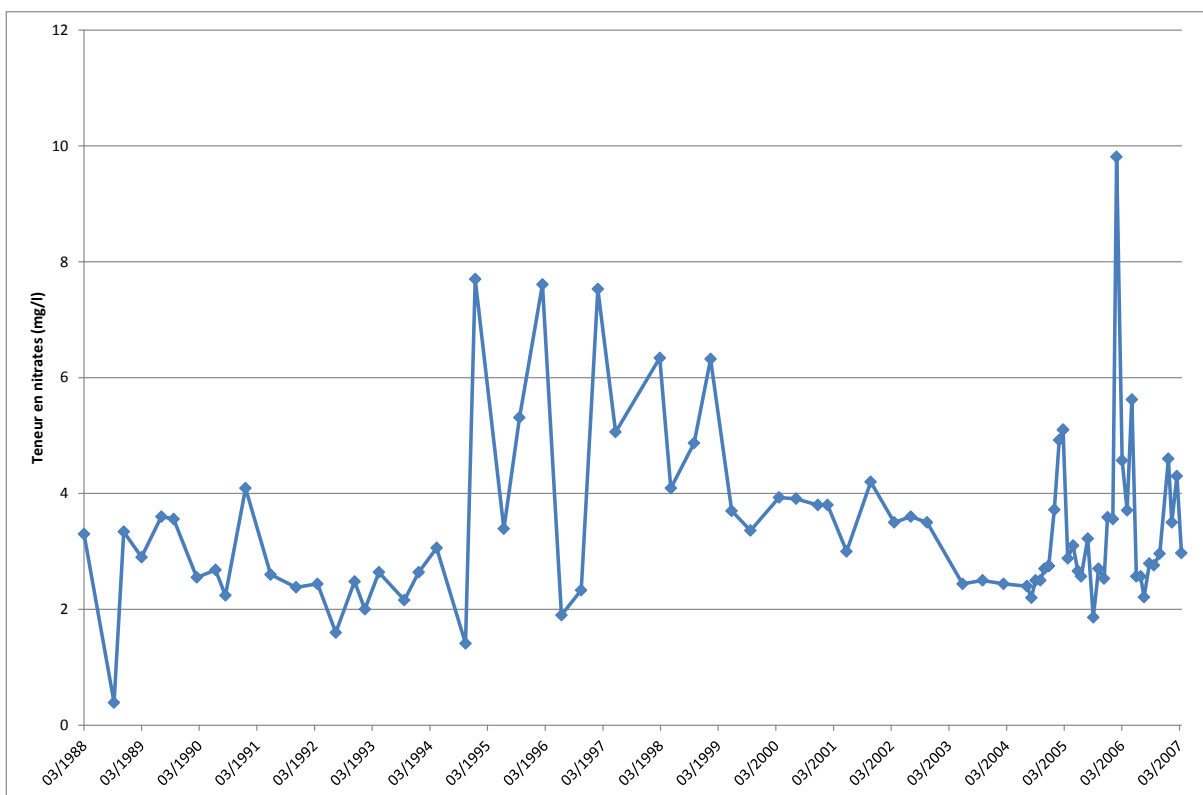


Figure V.13 : Evolution de la teneur en nitrates pour le puits « PLANET » de l'INASEP de 1988 à 2007

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 et les pesticides occupent une place importante.

Six ouvrages sur la carte disposent d'analyses bactériologiques récentes, celles-ci sont synthétisées au Tableau V.4 et peuvent montrer des concentrations très élevées (exp. : « CASTEL D1 », « SALUMONT PZ1 », « FONTAINE AUX BUSES »). Ces teneurs élevées s'observent généralement au droit des aquifères les plus vulnérables comme les aquifères calcaires ou à fraction carbonatée.

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 de Felenne – Vencimont

		Aquifère de l'Eifelien				Aquitard du Dévonien inférieur	Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inf.
Paramètre	Unité	CASTEL PR1	CASTEL D1	SALUMONT PZ1	SALUMONT P5	FONTAINE AUX BUSES	WINENNE PUIITS DU ROY
Date		30/11/2005	21/09/2005	30/11/2005	02/02/2005	30/08/2011	06/10/2010
Coliformes fécaux	Colonies /100 ml	2	300	300			
Coliformes totaux	Colonies /100 ml	9	300	250	1	345	0
Entérocoques	Colonies /100 ml	0	300	56	0	24	0
Escherichia Coli	Colonies /100 ml	6	250	250	1	34	0
Germes totaux à 22 °C	Colonies /ml	300	300	300	75	290	4
Germes totaux à 37 °C	Colonies /ml	35	300	300			

V.4. LES 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, 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. Ces analyses ne montrent généralement pas de dépassement des normes de potabilité, à l'exception du drain « CASTEL D1 » qui montre un net dépassement de la norme pour l'atrazine (792 ng/l), toutefois, cette substance étant interdite d'utilisation depuis 2005, on peut s'attendre à une baisse de sa concentration dans les années à venir.

Tableau V.5 : Teneurs en pesticides principaux (famille des herbicides) pour quelques captages de la région de Felenne – Vencimont

Paramètre	Unité	Norme	CASTEL PR1	CASTEL D1	SALUMONT PZ1	SALUMONT P5	FONTAINE AUX BUSES	WINENNE PUIITS DU ROY	BAIRY I
Date			30/11/2005	23/08/2011	30/11/2005	02/02/2005	30/08/2011	06/10/2010	15/06/2004
Atrazine	ng/l	100	8	792	35	12	28	0	5
Simazine	ng/l	100	0	3	0	4	3	0	<5
Déséthyl atrazine	ng/l	100	9	45	22	26	28	0	<20
Chlortoluron	ng/l	100	1	1	37	1	1	0	<10
Diuron	ng/l	100	0	1	1	1	1	0	<5
Isoproturon	ng/l	100	2	6	42	1	1	0	<10

V.5. LES MÉTAUX LOURDS

Les principaux dépassements de norme observés pour les métaux lourds (Tableau V.6) concernent essentiellement le fer et le manganèse pour les ouvrages « SALUMONT PZ1 » et « WINENNE PUIITS DU ROY », ce qui est relativement fréquent dans les aquifères de la région. Le drain « BAIRY I » montre quant à lui un très léger dépassement de la norme pour l'antimoine. Un traitement aisé (aération) des eaux permet néanmoins d'éliminer facilement ces éléments indésirables.

Tableau V.6 : Teneurs en métaux lourds pour quelques ouvrages de la région de Felenne – Vencimont

			Aquifère de l'Eifelien				Aquitard du Dévonien inf.	Aquiclide à niveaux Aquifères du Dévonien inf.	
Paramètre	Unité	Norme	CASTEL PR1	CASTEL D1	SALUMONT PZ1	SALUMONT P5	FONTAINE AUX BUSES	WINENNE PUIITS DU ROY	BAIRY I
Date		AGW 15/01/04	30/11/2005	23/08/2011	30/11/2005	02/02/2005	30/08/2011	06/10/2010	15/06/2004
Antimoine	µg/l	5	0	0,1	0	0,02	0,05	0	<6
Arsenic	µg/l	10	0	0,3	1,2	0,4	0,1	1	<2
Bore	µg/l	1000	0	13	11	6	5	11	<100
Cadmium	µg/l	5	0	0,05	0	0,06	0,05	0	0,63
Chrome (total)	µg/l	20	0	0,8	1,5	0,4	0,5	0,2	2
Cuivre	µg/l	100	0,5	2,5	1,4	1,7	0,8	1,2	<20
Fer (total) dissous	µg/l	200	193	53	419	12	12	2671	<100
Manganèse	µg/l	50	3,1	1,9	1759	0,2	0,1	391,6	<30
Mercure	µg/l	1	0	0,05	0	0,05	0,05	0	<0,5
Nickel	µg/l	20	0	0,1	1,2	0,3	0,1	14,4	<10
Plomb	µg/l	10	0	0,3	0,8	0,2	0,1	0,2	5,9
Selenium	µg/l	10	0	0,6	0	1	0,6	0	<5
Zinc	µg/l	200	42	6	5	13	2	11	<20

V.6. ETAT 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 (source : SPW-DGO3 (2014). Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie)

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
Mercurure	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 vient d'être 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.14 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% d'ici 2015.

Les masses d'eau concernées par la planche Felenne - Vencimont, en 2008, étaient soit en bon état avec risques qualitatifs à l'ouest et au nord soit en bon état sans détérioration observée à l'est (Figure V.14).

Etat des lieux en 2008 des masses d'eau souterraine

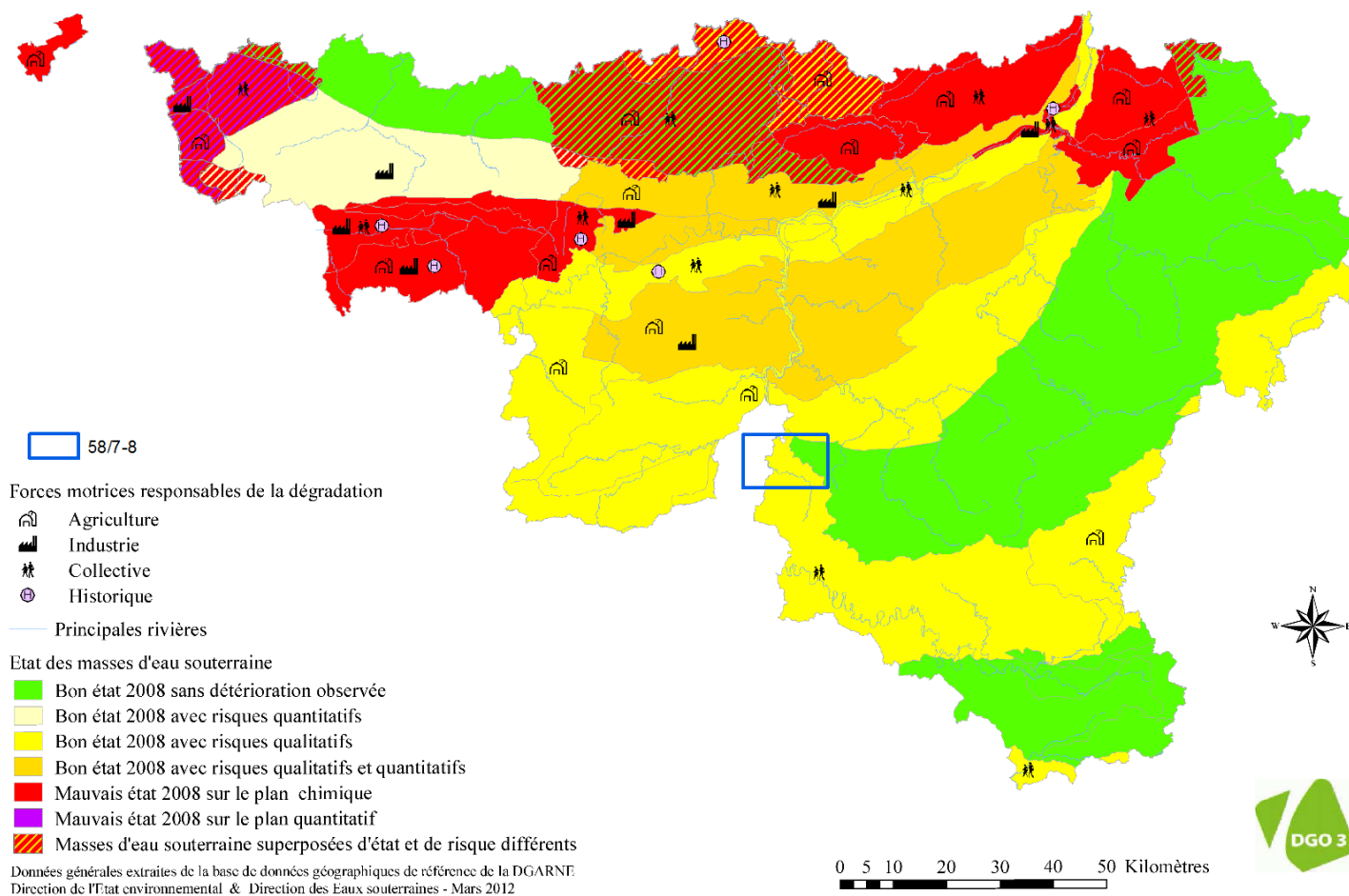


Figure V.14 : Etat des masses d'eau pour l'année 2008 et causes de leur dégradation. Localisation de la carte de Felenne - Vencimont. Source : SPW-DGO3 (2014). Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie, carte c5_5_a4

VI. EXPLOITATION DES AQUIFÈRES

La planche Felenne - Vencimont compte 47 ouvrages. La grande majorité des volumes extraits sont destinés 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 SWDE et l'INASEP sont les principaux exploitants des eaux souterraines sur la carte. Le Tableau VI.1 résume la répartition des ouvrages entre les différentes nappes.

Tableau VI.1 : Distribution des ouvrages entre les différentes nappes pour la planche 58/7-8

Nappe exploitée	Nombre d'ouvrages
Aquifère alluvial	1
Aquifère de l'Eifelien	8
Aquitard de l'Eifelien	1
Aquiclude de l'Eifelien	1
Aquitard du Dévonien inférieur	4
Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur	5
Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	24
Aquiclude du Dévonien inférieur	1
Aquitard à niveaux aquifères de Villé	2

Le document cartographique joint à cette notice contient une carte thématique des volumes qui reprend les volumes pompés pour l'année 2011 ainsi que les moyennes par an de 2007 à 2011.

L'exploitation d'une prise d'eau souterraine est soumise à de nombreux aléas et donc peut être variable. Les contraintes techniques de l'ouvrage, l'activité économique liée à ce captage, l'évolution des conditions hydrogéologiques de la nappe sollicitée et les éventuelles pollutions, peuvent limiter les capacités de production. La présentation des volumes moyens prélevés sur la Carte des volumes, correspond à la moyenne des années 2007 à 2011 encodées par l'administration (basés sur les déclarations des titulaires de prise d'eau). Ils illustrent de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la carte étudiée. Ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni de l'exploitation réelle des nappes mais reflètent l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées. Parmi ces dernières, il se peut que certaines d'entre elles soient des années sans prélèvement.

A l'échelle de la Wallonie, les volumes soutirés dans les aquifères présents sur la planchette 58/7-8 sont relativement faibles.

VI.1. VOLUMES PRÉLEVÉS POUR LA DISTRIBUTION PUBLIQUE

Nous disposons des volumes prélevés (en m³ par an) par les différents captages destinés à la distribution publique pour les années 2005 à 2011 (Figure VI.1). C'est le drain « CASTEL D1 » de la SWDE qui extrait les volumes les plus importants avec une moyenne de 105.000 m³ par an alors que la moyenne, tous captages confondus, se situe autour de 30.400 m³ par an.

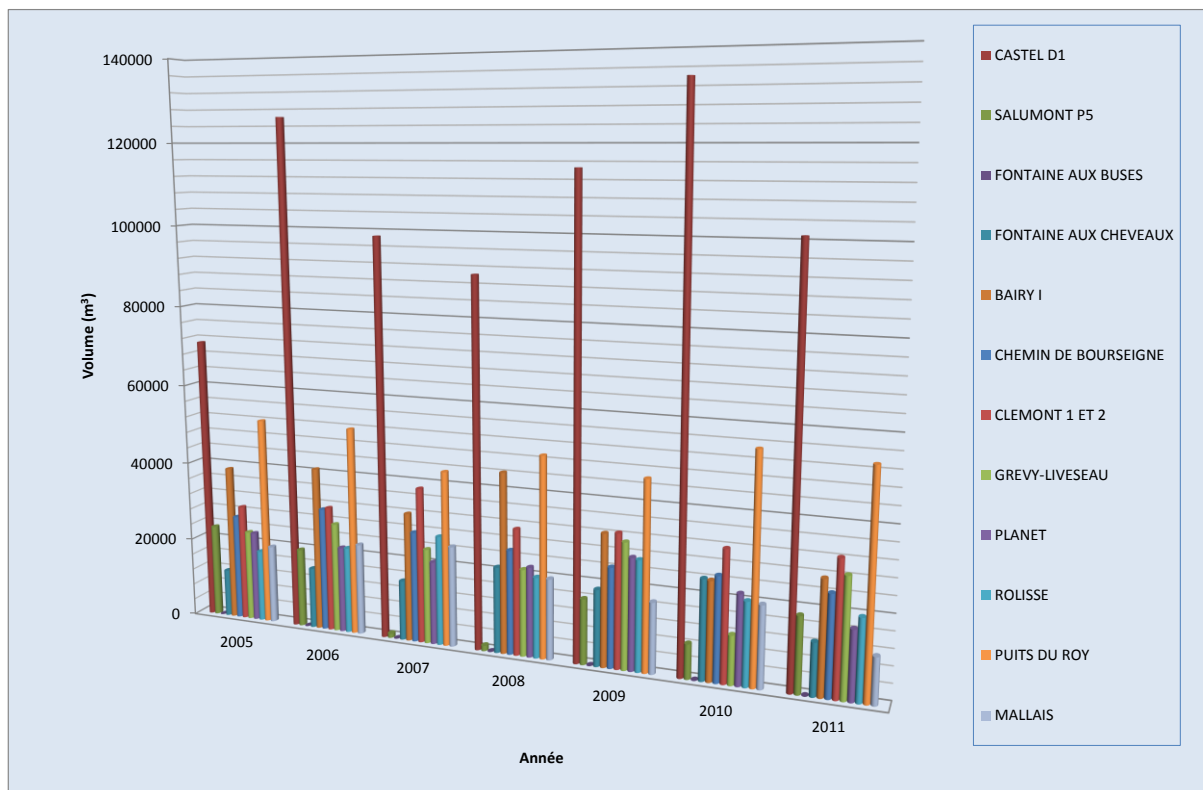


Figure VI.1 : Volumes prélevés entre 2005 et 2011 par les captages de distribution publique

VI.2. AUTRES VOLUMES CAPTÉS

Outre la distribution publique, les nappes aquifères peuvent être exploitées à plus petite échelle, souvent pour un usage agricole ou domestique. Nous ne disposons que de peu d'informations quant aux volumes pompés mais ceux-ci excèdent rarement les 1.500 m³ par an et par ouvrage.

VII. PARAMÈTRES HYDROGÉOLOGIQUES

VII.1. PARAMÈTRES D'ÉCOULEMENT

Les essais de pompage sont des tests fréquemment réalisés sur les puits dans divers types d'études (zones de prévention, études de risques ou d'incidence, nouveaux captages,...). Ils visent à quantifier l'efficacité de la circulation des eaux souterraines dans le sous-sol et permettent d'estimer précisément le débit que peut fournir un ouvrage. Les principaux paramètres calculés à partir des essais de pompage sont la transmissivité et la perméabilité :

- Transmissivité T , exprimée en m^2/s (Castany et Margat, 1977) :
- Paramètre régissant le flux d'eau qui s'écoule par unité de largeur de la zone saturée d'un aquifère continu (mesurée selon une direction orthogonale à celle de l'écoulement), et par unité de gradient hydraulique ;
- Produit de la perméabilité (de Darcy) K (m/s) par la puissance aquifère b (m), en milieu isotrope, ou produit de la composante du tenseur de perméabilité parallèle à la direction d'écoulement par la puissance aquifère (orthogonale à cette direction), en milieu anisotrope.
- Conductivité hydraulique ou perméabilité K , exprimée en m/s : Propriété d'un corps, d'un milieu solide - notamment un sol, une roche - à se laisser pénétrer et traverser par un fluide, notamment l'eau, sous l'effet d'un gradient de potentiel. Paramètre exprimant quantitativement cette propriété, relativement aux caractéristiques du fluide, notamment l'eau : flux pouvant passer à travers une section unitaire du milieu considéré, sous l'effet d'une unité de gradient de charge hydraulique, dans des conditions déterminées de pression et de température (grandeur homogène à une vitesse).

La relation entre transmissivité et perméabilité peut être représentée par la formule $T = K \cdot b$ où b est la puissance de l'aquifère ou la hauteur du niveau crépiné dans le cas d'un puits tubé. Le Tableau VII.1 représente l'influence de la granulométrie des sédiments sur la perméabilité.

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

K en m/s	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Granulométrie homogène	gravier pur			sable pur		sable très fin			limons		argile		
Granulométrie variée	gravier gros&moy		gravier et sable		sable et limons argileux								
degrés de perméabilité	TRES BONNE - BONNE				MAUVAISE						NULLE		
type de formation	PERMEABLE				SEMI-PERMEABLE						IMPERMEABLE		

Sur la carte Felenne – Vencimont, des études ont été menées par la SWDE, l'INASEP et la Commune de Gedinne dans le but d'une part d'estimer les potentialités des captages et d'autre part de déterminer les zones de prévention autour de ces mêmes captages. Les résultats sont résumés ci-après.

VII.1.1. Site SWDE « CASTEL SAINT-PIERRE » à Beauraing - aquifère de l'Eifelien (SWDE, 2007)

Quatre paliers de pompage ont été réalisés sur le puits de reconnaissance « CASTEL PR1 » (Figure VII.1) en vue de sa mise en service (SWDE, 2007) et selon le planning suivant :

Tableau VII.2

Palier n°	Durée pompage/remontée (en heure)	Date	Débit moyen (m ³ /h)
1	8/6	29/11/05	6,7
2	8/6	30/11/05	10,5
3	8/6	01/12/05	16,32
4	24/24	06 et 07/12/05	11,17

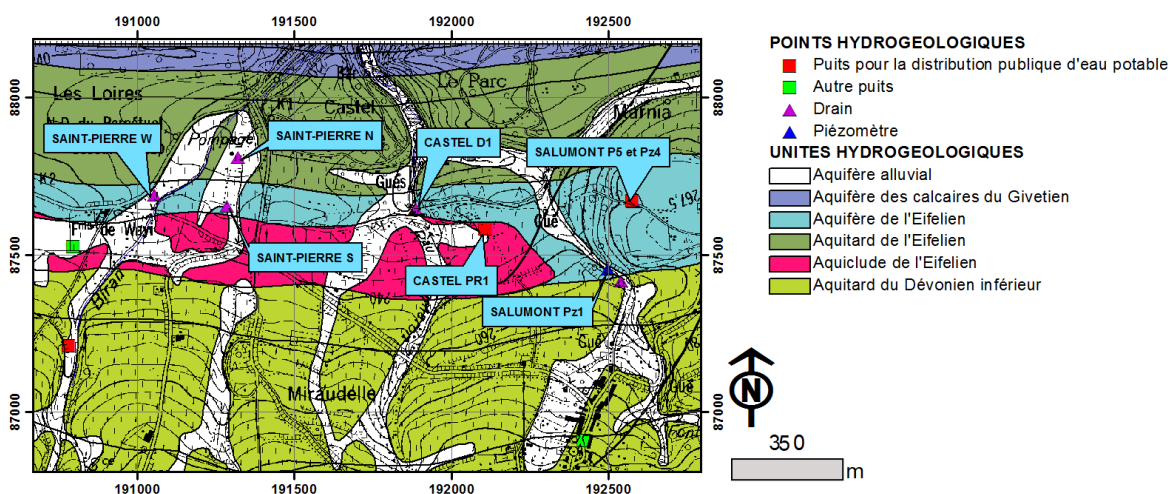


Figure VII.1 : Situation des ouvrages du site « CASTEL SAINT-PIERRE »

La Figure VII.2 représente le graphique général du pompage d'essai, montrant les variations du niveau d'eau et du débit en fonction du temps.

BEAURAING "Castel D1 " et "Salumont P5": Pompage sur Pr1 du 28/11 au 7/12 2005

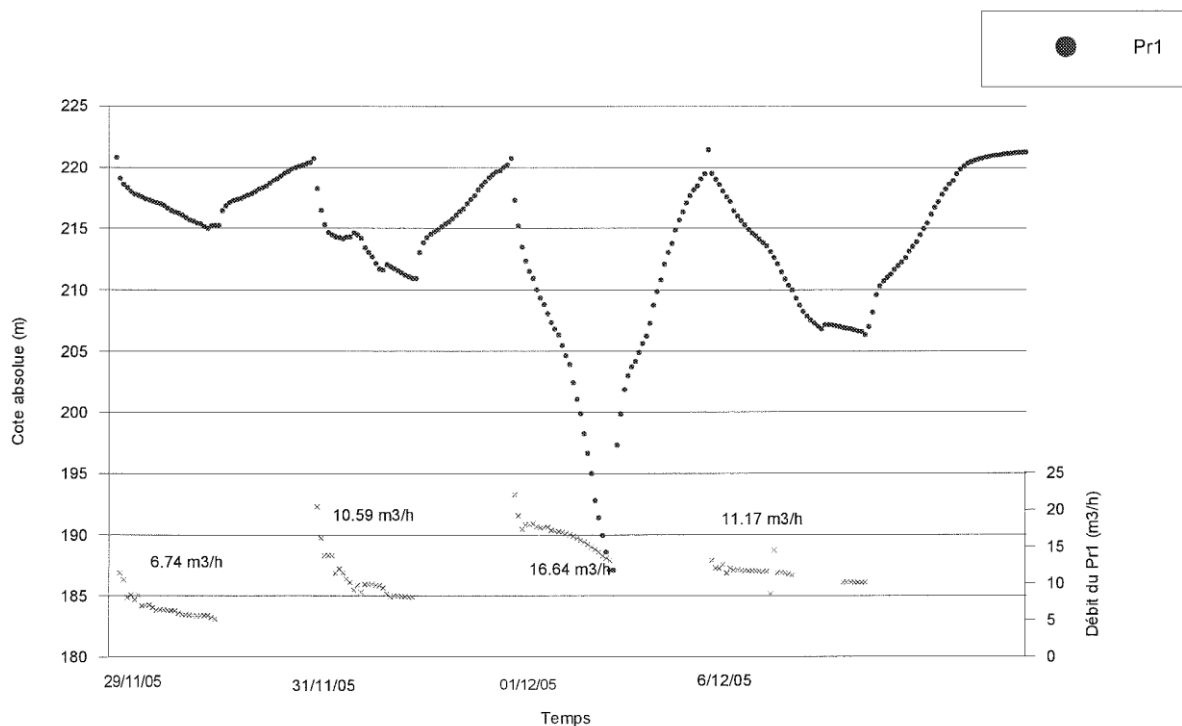


Figure VII.2 : graphique général du pompage d'essai

Le Tableau VII.3 donne, pour chaque pompage, la profondeur du niveau d'eau au repos, la profondeur du niveau rabattu et le rabattement après les heures de pompage, ainsi que le rabattement résiduel après les heures de remontée.

Tableau VII.3

Pompage d'essai sur PR1				
Débit (en m³/h)	Altitude du niveau d'eau au repos (m)	Altitude à la fin du pompage (m)	Rabattement à la fin du pompage (m)	Rabattement résiduel après remontée (m)
6,7	220,81	215,24	5,57	0,41
10,5	220,731	210,95	9,78	0,5
16,32	220,76	187,11	33,65	1,27
11,17	221,45	206,34	13,58	0,17

Les transmissivités calculées dans la nappe des calcaires couviniens au PR1 sont les suivantes (Tableau VII.4) :

Tableau VII.4

Débits (m ³ /h)	Transmissivités (m ² /s)	
	Pompage	Remontée
6,74	$T = 2,28.10^{-4}$	$T_1 = 2,58.10^{-4}$ $T_2 = 1,48.10^{-4}$
10,59	$T = 2,63.10^{-4}$	$T_1 = 2,32.10^{-4}$ $T_2 = 4,66.10^{-4}$
16,64	$T_1 = 1,12.10^{-4}$ $T_2 = 4,04.10^{-5}$	$T = 8,61.10^{-5}$
11,17	$T_1 = 1,5.10^{-4}$ $T_2 = 8,23.10^{-5}$	$T = 1,16.10^{-4}$

En terme de perméabilité (K) d'après la formule $T = K \cdot b$ (où b = hauteur du niveau crépiné, ici 40 mètres), cela donne :

Tableau VII.5

Débits (m ³ /h)	Perméabilités (m/s)	
	Pompage	Remontée
6,74	$K = 5,7.10^{-6}$	$K_1 = 6,45.10^{-6}$ $K_2 = 3,7.10^{-6}$
10,59	$K = 6,58.10^{-6}$	$K_1 = 5,8.10^{-6}$ $K_2 = 1,17.10^{-5}$
16,64	$K_1 = 2,8.10^{-6}$ $K_2 = 1,01.10^{-6}$	$K = 2,15.10^{-6}$
11,17	$K_1 = 3,75.10^{-6}$ $K_2 = 2,06.10^{-6}$	$K = 2,9.10^{-6}$

Le but premier de cet essai de pompage était de déterminer l'influence d'un pompage au PR1 sur les ouvrages voisins, en particulier le drain « CASTEL D1 » situé à l'ouest et le puits « SALUMONT P5 » (Figure VII.1). Lors du dernier palier de pompage à 11 m³/h, le débit du drain "Castel D1", distant de 229,7 m du PR1 n'a pas connu de variation. Il y lieu toutefois de relativiser l'observation au vu de la période pendant laquelle les essais ont été réalisés (période de haute eaux).

L'influence réelle du PR1 sur le drain pourra vraisemblablement se faire sentir en période estivale lorsque de toute façon le drain ne donne plus.

Par conséquent, la mise en service du PR1 pourra, en période de basses eaux, garantir la distribution d'une eau de qualité que le drain D1 ne pouvait de toute façon pas assumer.

Le puits « SALUMONT P5 », situé à 475 m, n'a pas non plus été influencé.

Les débits spécifiques⁵ et rabattements spécifiques⁶ ont aussi été calculés, leurs valeurs sont présentées au Tableau VII.6 ci-dessous.

Tableau VII.6

Débit (m ³ /h)	Rabattement après ~480 min	Débit spécifique (m ³ /h.m)	Rabattement spécifique (m/m ³ /h)
6,7	5,6	1,20	0,84
10,5	9,8	1,08	0,92
16,32	33,65	0,49	2,02
11,17	13,58	0,86	1,16

⁵ Le débit spécifique d'un puits est le débit pompé, Q, rapporté au rabattement, s, dans le puits, dans des conditions d'essais de puits définies (Castany, 1998)

⁶ Le rabattement spécifique, s/Q, est la hauteur de rabattement mesurée dans le puits rapportée au débit pompé dans des conditions d'essais de puits définies (Castany, 1998)

VII.1.2. Site INASEP « PUIITS DU ROY » à Winenne - aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur (INASEP, 2005)

Le pompage d'essai a été effectué dans l'ouvrage « PUIITS DU ROY 2 » aujourd'hui reconverti en piézomètre (Figure VII.3). Il repose sur la réalisation d'un essai par paliers enchaînés (cinq paliers de débit croissant suivi d'une remontée après le cinquième palier), les dates, durées et débits sont repris au Tableau VII.7.

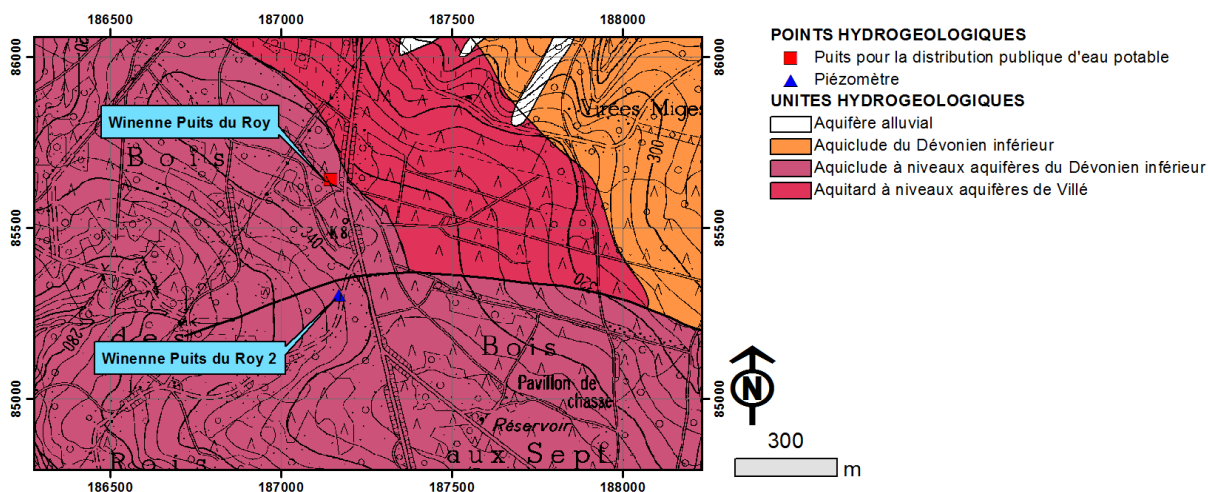


Figure VII.3 : Localisation des ouvrages de l'INASEP « Puits du Roy » à Winenne

Tableau VII.7 : dates, durées et débits de l'essai de pompage

	Palier n°	Durée pompage / remontée (en heures, minutes)	Date	Débit moyen (m ³ /h)
Pompage	1	25h36	25-26/04/05	6,86
	2	24h30	26-27/04/05	19,41
	3	23h50	27-28/04/05	25,89
	4	24h16	28-29/04/05	31,56
	5	87h09	29/04-03/05/05	37,25
Remontée		752h51	03/05/05- 03/06/05	

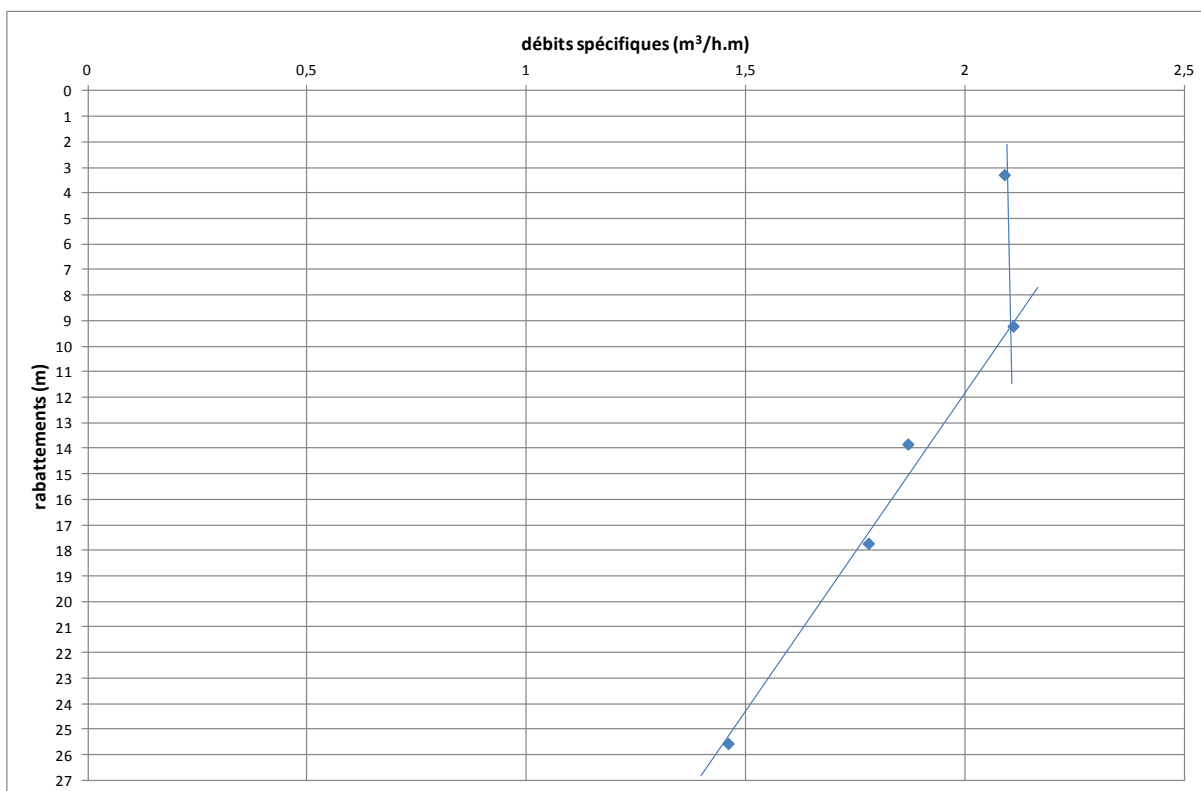
Les quatre premiers paliers ont été menés chacun sur une période d'environ 24 h. Le cinquième palier, réalisé au débit maximal de la pompe, a duré 3 jours et demi. La remontée a été suivie pendant un mois. Le niveau statique initial n'était toujours pas atteint après cette période.

Aucun des paliers n'est arrivé à la stabilisation durant l'essai. L'évolution du niveau dynamique montre une lente et continuelle diminution, à raison de quelques centimètres par heure.

Les caractéristiques de l'essai de pompage sont synthétisées au Tableau VII.8.

Tableau VII.8 : Caractéristiques de l'essai de pompage

Débit (m ³ /h)	Rabatement (m)	Débit spécifique (m ³ /h.m)	Rabatement spécifique (m/m ³ /h)
6,86	3,28	2,09	0,48
19,41	9,21	2,11	0,47
25,89	13,83	1,87	0,53
31,56	17,72	1,78	0,56
37,25	25,56	1,46	0,69

**Figure VII.4 : débits spécifiques / rabattements**

Le graphique débits spécifiques / rabattements (Figure VII.4) montre que, à l'exception du palier de débit minimal, le débit spécifique diminue avec l'augmentation du débit. La nappe est donc libre.

La courbe caractéristique du puits est donnée à la Figure VII.5. Il ne faut toutefois pas oublier que le niveau d'équilibre n'a été atteint pour aucun des paliers.

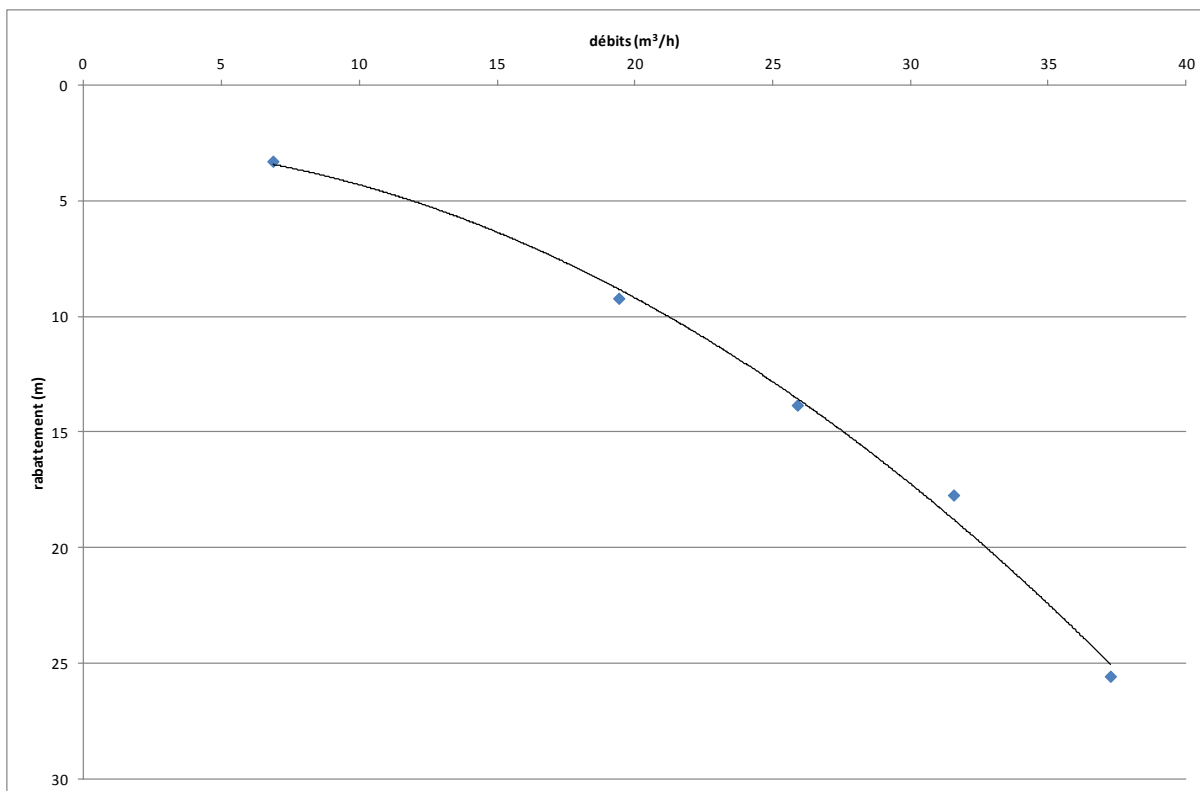


Figure VII.5 : Courbe caractéristique du puits « Puits du Roy 2 »

Le débit critique n'est pas positionnable avec précision. Il est toutefois inférieur à 19,41 m³/h, qui correspond au second palier. Il est même et sans nul doute inférieur au débit du premier palier (6,86 m³/h) étant donné que la stabilisation n'y a pas été atteinte.

Les résultats de l'interprétation sont repris dans le Tableau VII.9. Pour le calcul de la perméabilité ($K = T / b$), l'épaisseur b correspond à la hauteur du niveau crépiné soit 57 m dans le cas présent.

Tableau VII.9 : Résultats de l'interprétation pour la remontée de l'essai par palier du « Puits du Roy 2 »

	(m)		(m²/s)		(m/s)
C1 =	17,8	T1 =	$1,06 \cdot 10^{-4}$	K1 =	$1,87 \cdot 10^{-6}$
C2 =	1,09	T2 =	$1,74 \cdot 10^{-3}$	K2 =	$3,05 \cdot 10^{-5}$

Les valeurs de perméabilité déduites de l'essai sont donc relativement faibles. De plus, la plus faible perméabilité est observée en fin de remontée. Ceci tendrait à montrer qu'au fur et à mesure de la remontée du rabattement résiduel, le nombre de fractures alimentant effectivement la nappe est de plus en plus petit, ou que l'efficacité de ces fractures est de plus en plus limitée. En d'autres termes, la remise progressive en pression du terrain contrebalance le flux dans les fractures.

VII.1.3. Captage « PUIITS DE GREVY » à Malvoisin (Administration Communale de Gedinne ; Geolys, 2007)

En vue de l'établissement des zones de prévention, le captage « PUIITS DE GREVY » (Figure VII.6) propriété de la Commune de Gedinne a fait l'objet d'un essai de pompage de longue durée s'étendant du 25 mai au 14 juin 2005 à un débit (Q) moyen de 3,2 m³/h (Geolys, 2007). Les résultats sont présentés au Tableau VII.10.

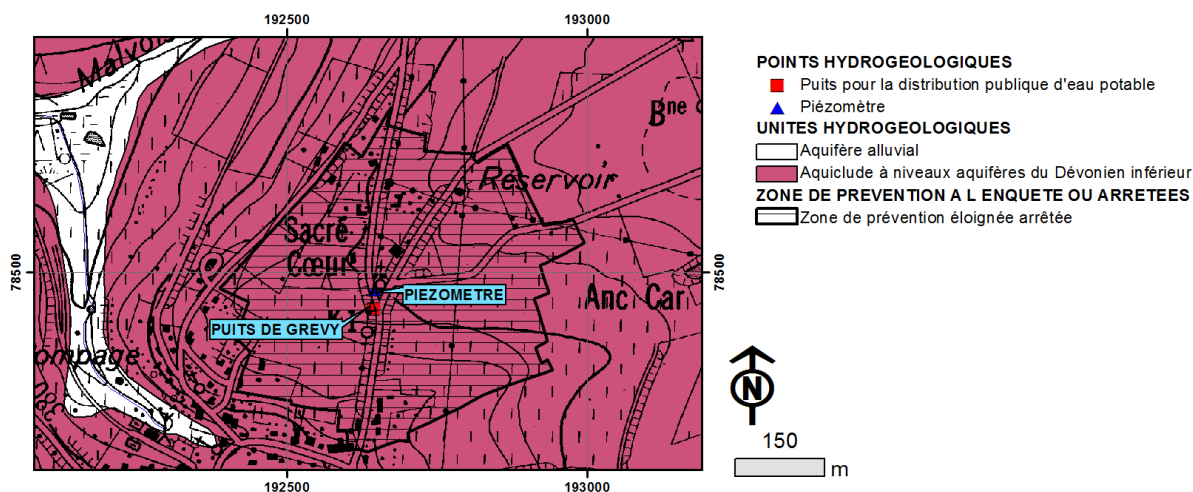


Figure VII.6 : Situation du captage communal « PUIITS DE GREVY »

Tableau VII.10 : Résultats de l'essai de pompage

		PUITS	PIEZO
Niveau statique initial (m)		26.22	27.85
Débit moyen (m ³ /h)		3.2	
Temps de pompage (h)		477.75 (≈20 Jours)	
Niveau d'eau en fin de pompage (m)		29.96	31.16
Rabatement total (m)		3.74	3.31
Rabatement horaire moyen en fin de pompage (cm/h) (12 dernières heures)		0.25	
Rabatement spécifique (m/m ³ /h)		0.009	
Temps de remontée (h)		13.25	
Rabatement résiduel (m et %) après 13 h de remontée		0.84 m / 3%	0.87 m / 3%
Transmissivité (selon la méthode graphique de l'approximation de Theis-Jacobs) (m ² /s)			
En rabattement	T 1 (10 ⁻⁴ m ² /s)	3	3.5-4
En remontée	T' 1 (10 ⁻⁴ m ² /s)	2	2
	T' 2 (10 ⁻⁴ m ² /s)	3	3.2
Coefficient de perméabilité calculé (K=T/e) (en 10 ⁻⁵ m/s)		1.7	
Régime permanent K (10 ⁻⁵ m/s) Formule de Dupuit		2.5	
Coefficient d'emmagasinement		2.4 10 ⁻⁵	

Les transmissivités pour le puits et le piézomètre sont du même ordre de grandeur et restent relativement constantes au cours du temps, elles sont aussi très proches en remontée et en rabattement. Ces éléments indiquent un aquifère assez homogène avec peu de pertes de

charges au niveau de l'ouvrage et une bonne réalimentation. La conductivité hydraulique est estimée à $2,5 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Le coefficient d'emmagasinement ($2,4 \cdot 10^{-5}$) est très faible ce qui confirme que le puits exploite l'un des niveaux aquifères gréseux (captifs) au sein de l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.

VIII. ZONES DE PROTECTION

VIII.1. CADRE LEGAL

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

Afin de limiter les risques de contamination des captages, des périmètres de prévention doivent être mis en place. La législation wallonne⁷ définit 4 niveaux de protection à mesure que l'on s'éloigne du captage : zones de prise d'eau (Zone I), de prévention (Zones IIa et IIb) et de surveillance (Zone III).

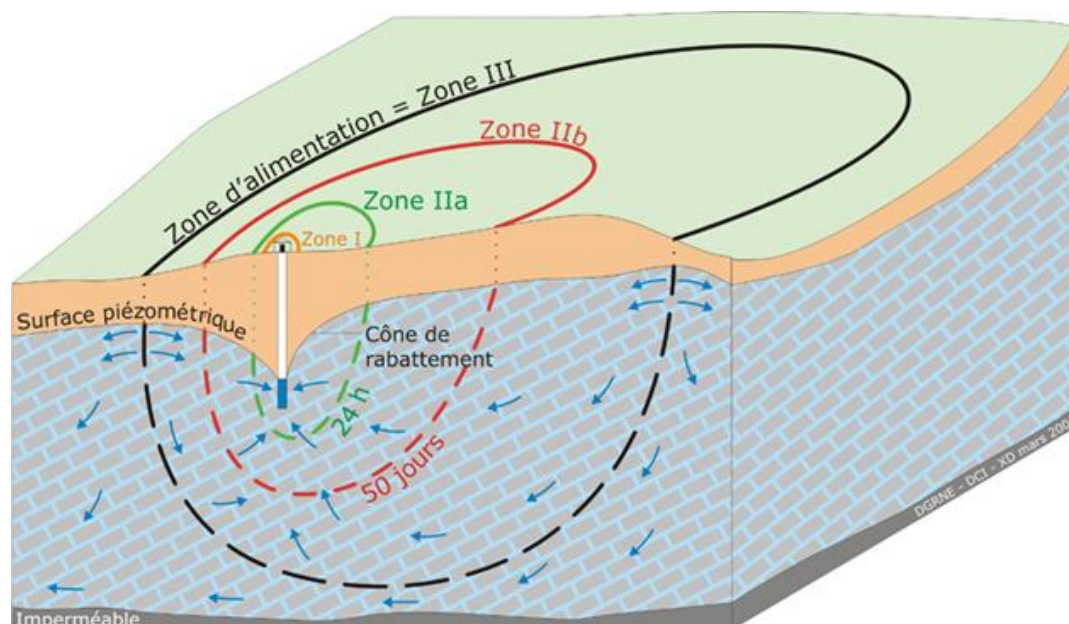


Figure VIII.1 : Zones de protection en Région Wallonne. Source : SPW-DGO3 (2014). Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie

- 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.

⁷ 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).

- Zones de prévention rapprochée et éloignée ou zones IIa et IIb

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

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

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

- la zone de prévention rapprochée (zone IIa) : zone comprise entre le périmètre de la zone I et une ligne située à une distance de l'ouvrage de prise d'eau correspondant à un temps de transfert de l'eau souterraine jusqu'à l'ouvrage égal à 24 heures dans le sol saturé. A défaut de données suffisantes permettant de définir la zone IIa selon le critère des temps de transfert, la législation suggère de délimiter la zone IIa par une ligne située à une distance horizontale minimale de 35 mètres à partir des installations de surface, dans le cas d'un puits, et par deux lignes situées à 25 mètres au minimum de part et d'autre de la projection en surface de l'axe longitudinal dans le cas d'une galerie. En milieu karstique, tous les points préférentiels de pénétration (doline et pertes) donc la liaison avec le captage est établie sont classés en zone IIa.
- la zone de prévention éloignée (zone IIb) : zone comprise entre le périmètre extérieur de la zone IIa et le périmètre extérieur de la zone d'appel de la prise d'eau. Le périmètre extérieur de la zone d'appel de la zone IIb ne peut être situé à une distance de l'ouvrage supérieure à celle correspondant à un temps de transfert de l'eau souterraine jusqu'à l'ouvrage de prise d'eau égal à 50 jours dans le sol saturé. A défaut de données suffisantes permettant la délimitation de la zone IIb suivant les principes définis ci-avant, le périmètre de cette zone est distant du périmètre extérieur de la zone IIa de :
 - 100 mètres pour les formations aquifères sableuses ;
 - 500 mètres pour les formations aquifères graveleuses ;
 - 1000 mètres pour les formations aquifères fissurés ou karstiques.
- Zone de surveillance ou zone III : une zone de surveillance peut être déterminée pour toute prise d'eau. Cette zone englobe l'entièreté du bassin hydrographique et du bassin hydrogéologique situés à l'amont du point de captage.

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

VIII.2. 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 2009⁸.

La Société publique de Gestion de l'Eau⁹ 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 wallonne (<http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas>).

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

VIII.3. ZONES DE PRÉVENTION AUTOUR DES CAPTAGES

L'ensemble des captages qui sont destinés à une distribution publique d'eau ou à un usage alimentaire devra, dans un futur plus ou moins proche, faire l'objet d'une étude de délimitation des zones de prévention rapprochée et éloignée. Cette étude sera proposée à la Direction des Eaux Souterraines de la DGARNE et approuvée par arrêté ministériel, après

⁸ 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)

⁹ SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999

éventuelle révision, par signature du ministre wallon en charge de l'environnement. Les zones de prévention qui doivent être définies sont symbolisées, sur la carte principale accompagnant cette notice, par un triangle vide centré sur les captages concernés. Les zones de prévention arrêtées sont quant à elles représentées en hachuré vertical pour une zone rapprochée et horizontal pour une zone éloignée.

Sur la planche 58/7-8, 4 zones de prévention approuvées par arrêté ministériel (complètes ou partielles) sont présentes (Tableau VIII.1) alors que 14 autres zones restent à définir (Figure VIII.2). Elles concernent toutes des captages destinés à la distribution publique d'eau potable.

Tableau VIII.1 : Zones de prévention approuvées par arrêté ministériel sur la planche 58/7-8

Code de la zone	Nom des captages	Date de l'arrêté	Publication au moniteur belge	url arrêté ministériel
SWDE017	Tamizon E1	23/10/2003	18/11/2003	http://environnement.wallonie.be/legis/EAU/easou060.htm
INASEP08	Winenne Puits du Roy, Puits du Roy 2	08/07/2008	06/11/2008	http://environnement.wallonie.be/legis/eau/easou024.htm
AC_GEDINNE12	Malvoisin Puits Grevy	27/04/2009	12/06/2009	http://environnement.wallonie.be/legis/EAU/easou180.htm
AC_GEDINNE01	Bairy I et II	08/11/2005	09/12/2005	http://environnement.wallonie.be/legis/EAU/easou088.htm

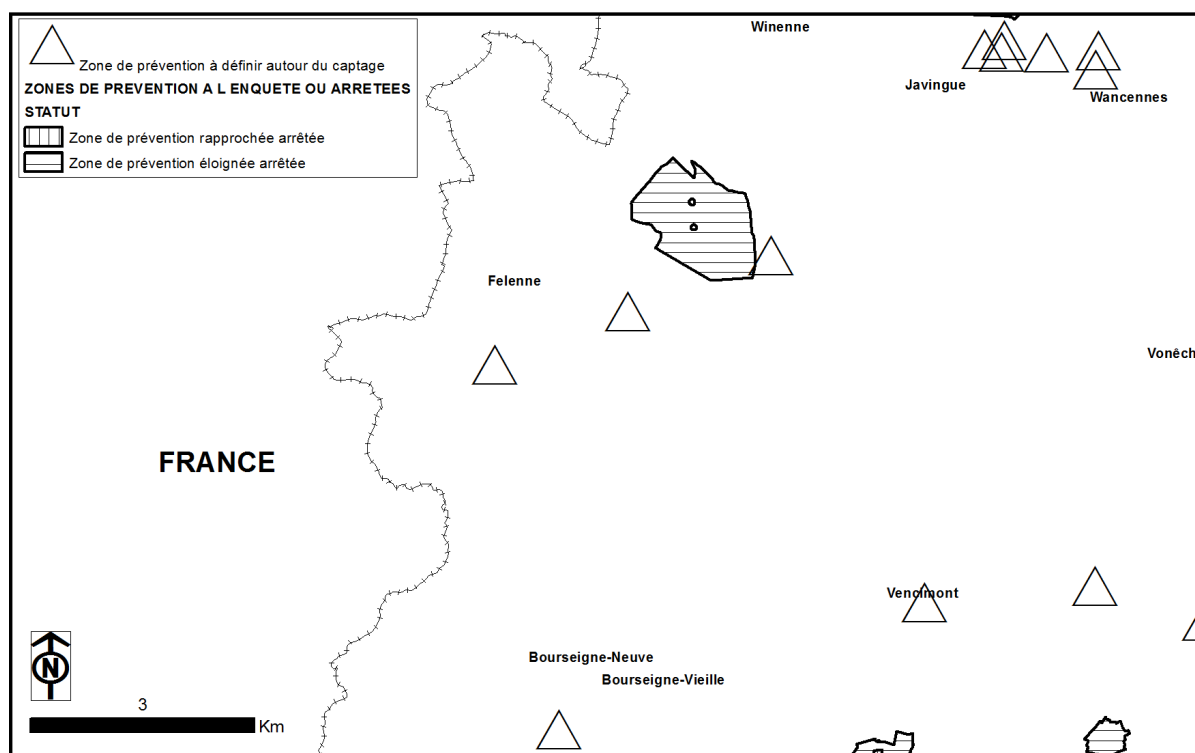


Figure VIII.2 : Zones de prévention arrêtées et à définir sur la planche 58/7-8

IX. MÉTHODOLOGIE D'ÉLABORATION DE LA CARTE HYDROGÉOLOGIQUE

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

IX.1. SOURCES DE DONNÉES

IX.1.1. Données géologiques

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

Les unités hydrogéologiques sont directement dérivées de la carte géologique de Dumoulin et Blockmans (2013). 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 par différents auteurs. Les mises à jour ultérieures devraient toutefois permettre une uniformisation.

IX.1.2. Données météorologiques et hydrologiques

Les informations proviennent de DCENN en ce qui concerne la station de jaugeage L5560 (X : 189287, Y : 80178) sur la Houille.

Il n'y a pas de stations climatiques sur la carte Felenne – Vencimont.

IX.1.3. Données hydrogéologiques

IX.1.3.1. Localisation des ouvrages et sources

Au total, 47 ouvrages ont été encodés dans la banque de données. Ces ouvrages comprennent 12 puits de distribution, 9 drains également destinés à la distribution, 1 prélèvement d'eau de surface, 14 puits de particuliers ou d'industries, 7 piézomètres, 3 sources et une sonde géothermique. Ces données proviennent des sociétés de distribution d'eau, des communes, d'agriculteurs, de particuliers et de la banque de données du SPW (DixSous).

IX.1.3.2. Données piézométriques

Les données piézométriques proviennent des données collectées lors d'études hydrogéologiques par le SPW et des bureaux d'études 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 ou des agriculteurs.

Il y a 82 valeurs disponibles sur 9 ouvrages.

Les isopièzes autour du captage « PUIITS DU ROY » à Winenne ont été tracées lors de l'étude de délimitation des zones de préventions (INASEP, 2005), elles ont été estimées sur base d'essais de pompages et d'une modélisation mathématique.

IX.1.3.3. Données hydrochimiques

Les données hydrochimiques ont, pour la plupart, été fournies par la banque de données du SPW. Environ 4300 valeurs de paramètres chimiques ont été encodées dans la banque de données au droit de 15 ouvrages.

IX.2. ENCODAGE DANS UNE BASE DE DONNÉES

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

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

Ainsi les données détaillées de l'hydrochimie, de la piézométrie, des volumes exploités, des paramètres d'écoulement et de transport, de géologie telles que les descriptions de log de forage et d'autres données administratives ou autre sont stockées dans la *BD HYDRO* qui se trouve à la DGARNE¹⁰. Ces données peuvent être demandées à la Région qui décide de leur

¹⁰ Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3). Département de l'Etude du Milieu naturel et agricole - Direction de la Coordination des données. Avenue Prince de Liège 15 - B-5100 Jambes, Belgique

accessibilité au cas par cas. L'ensemble des données collectées est encodé dans la base de données géorelationnelle, *BD HYDRO* (Wojda *et al.*, 2005). Elle regroupe toutes les informations disponibles en matière d'hydrogéologie en Région wallonne. Parmi les nombreuses et diverses données de la *BD HYDRO* on trouve des informations relatives à la localisation des prises d'eau (puits, sources, piézomètres,...), leurs caractéristiques géologiques et techniques, ainsi que des données sur la piézométrie, la qualité physico-chimique des eaux souterraines, les volumes prélevés... Les divers tests (diagraphies, essais de pompage, essais de traçage, prospection géophysique) sont également encodés dans la *BD HYDRO*. Elle est également enrichie avec les informations sur les études, rapports et autres documents hydrogéologiques écrits. Ces renseignements se présentent sous la forme de métadonnées.

IX.2.1. Construction de la carte hydrogéologique

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

IX.3. PRÉSENTATION DU POSTER A0

La carte hydrogéologique se compose de plusieurs éléments :

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

IX.3.1. 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 formations hydrogéologiques ;
- les failles ;
- la localisation des points d'eau constitués par :
 - des puits des sociétés de distribution d'eau ;

- des puits de sociétés industrielles ;
- des puits privés exploités et déclarés au Service Public de Wallonie ;
- des puits non exploités, mais équipés d'une pompe ;
- des sources exploitées ou non ;
- les puits d'accès aux drains ;
- un prélèvement d'eau de surface ;
- une sonde géothermique ;
- des piézomètres, ces derniers étant considérés comme tout point d'accès à la nappe, non exploité (forages de petit diamètre, puits non équipés) ;
- la station limnimétrique L5560 sur la Houille ;
- le sens probable d'écoulement souterrain de l'aquifère de l'Eifelien et de l'aquiclude à niveaux aquifères du Devonien inférieur ;
- les isopièzes pour l'aquiclude à niveaux aquifères du Devonien inférieur aux environs de Winenne ;
- 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.

IX.3.2. 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 au nitrates.

IX.3.3. Carte des volumes prélevés

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

- les ouvrages (puits, piézomètres, sources) différenciés selon l'aquifère qu'ils sollicitent. Les couleurs des symboles utilisés sont en relation avec la couleur de la nappe sollicitée ;

- les volumes déclarés pour l'année 2011 pour les ouvrages exploités par les sociétés de distribution publique d'eau potable représentés par des pastilles (ou triangle pour les eaux de surface) rouges de diamètre proportionnel aux débits captés ;
- les volumes déclarés pour l'année 2011 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 (2007-2011) (basés sur les déclarations des titulaires des prises d'eau). Ils reflètent simplement l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées.

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

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

IX.3.5. Coupes hydrogéologiques

Parmi les éléments présentés sur le poster de la carte hydrogéologiques figurent les coupes hydrogéologiques. Elles permettent de comprendre le contexte géologique et hydrogéologique de la région. Sur ces coupes ont été ajoutées des informations sur les niveaux d'eau souterraine.

IX.3.6. Avertissement

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

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

X. RÉFÉRENCES

Bonniver, I. (2011) : Etude hydrogéologique et dimensionnement par modélisation du « Système-Traçage » du réseau karstique de Han-sur-Lesse (Massif de Boine-Belgique), *Thèse de doctorat, FUNDP-Namur, Presses universitaires de Namur*, 323 p.

Boulvain, F. et Pingot, J.-L. (2012) : Introduction à la géologie de la Wallonie, *Université de Liège*, <http://www2.ulg.ac.be/geolsed/geolwal/geolwal.htm>

Bultynck, P. et Dejonghe, L. (2001) : Devonian lithostratigraphic units (Belgium), *Geologica Belgica*, 4/1-2, 39-69

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

Castany, G. et Margat, J. (1977) : Dictionnaire français d'hydrogéologie, *Editions du BRGM*

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*

Dejonghe, L. (2007) : Guide de lecture des cartes géologiques de Wallonie, *Ministère de la Région Wallonne, 3^{ème} édition*, 51 p.

Dercourt, J. (2002) : Géologie et géodynamique de la France (outremer et européenne), *Dunod, 3^{ème} édition*, 230 p.

Dumoulin, V. et Blockmans, S. (2008) : Le passage latéral entre les formations de Couvin et de Jemelle (Eifelien) au bord sud du Synclinorium de Dinant (Belgique) : introduction du Membre du Vieux Moulin – Formation de Jemelle, *Geologica Belgica*, 11, 25-33

Dumoulin, V. et Blockmans, S. (2013) : Felenne – Vencimont 58/7-8. Carte géologique de Wallonie. *Ed. Service Public de Wallonie*

Fetter, C.W. (2001) : Applied hydrogeology, *Fourth Edition, Prentice Hall*, 598 p.

Geolys (2007) : Dossier administratif de demande de périmètres des zones de prévention – « PUIITS DE GREVY », *Rapport D152*, 14 p.

Godefroid, J. & Stainier, P. (1982) : Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Belgian Siegenian on the south and south-east borders of the Dinant Synclinorium, *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, 55, 139-164

- Godefroid, J. et Stainier, P.** (1988) : Les Formations de Vireux et de Chooz (Emsien inférieur et moyen) au bord sud du Synclinorium de Dinant entre les villages d'Olloy-sur-Viroin (Belgique) à l'Ouest et de Chooz (France) à l'Est, *Bull. Inst. r. Sc. nat. Belg., Sc. Terre*, 58, 95-173
- Godefroid, J. ; Blicck, A. ; Bultinck, K. ; Dejonghe, L. ; Gerienne, P. ; Hance, L. ; Meillez, F. ; Stainier, P. et Steemans, Ph.** (1994) : Les formations du Dévonien inférieur du Massif de la Vesdre, de la fenêtre de Theux et du Synclinorium de Dinant (Belgique, France), *Mém. Expl. Cartes Géol. et Minières de la Belgique*, 38 p.
- Gogu, R.C.** (2000) : Advances in groundwater protection strategy using vulnerability mapping and hydrogeological GIS databases, *Thèse de doctorat, LGIH, Fac. Sciences Appliquées, Université de Liège*, inédit
- Gogu, R.C. ; Carabin, G. ; Hallet, V. ; Peters, V. et Dassargues, A.** (2001) : GIS-based hydrogeological database and groundwater modelling, *Hydrogeology Journal*, 9, 555-569
- INASEP** (2005) : Captage de Winenne "Puits du Roy" – Détermination des zones de prévention – Phases II et III : Reconnaissance hydrogéologique et synthèse, *étude de SPRL Bureau Conseil en Géologie*
- Maréchal, J.-C.** (1992) : Etude hydrogéologique des calcaires du Dévonien dans la région de Beauraing, *TFE Ing.Géol., ULg*
- Meinzer, O. E.** (1923) : Outline of ground-water hydrology, with definitions, *U. S. Geol. Survey, Water-Supply Paper, 494*, 1-71
- Nogarède, P. ; Rekk, S. et Hallet, V.** (2007). Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchettes Agimont - Beauraing n° 58/3-4. *Edition : Service public de Wallonie, DGO³ (DGARNE), Belgique, Dépôt légal D/2007/12.796/4 - ISBN 978-2-8056-0057-9*
- Poehls, D.J. & Smith, G.J.** (2009) : Encyclopedic Dictionary of Hydrogeology, *Elsevier Academic press*, 517 p.
- Quinif, Y. ; Bouchez, T. et Cattelain, P.** (1991) : Couvin-Nismes, *Lapiaz n° 8, Revue de l'Equipe Spéléo du Centre et de Mons*, 32 p.
- SPW-DGO3** (2014) : 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*

SWDE (2006) : Réalisation d'un puits de reconnaissance et d'un piézomètre à Beauraing dans le cadre de l'étude des zones de prévention des prises d'eau « Salumont P5 » et « Castel D1 », *Service protection des ressources et captage, rapport technique n°188*, 75 p.

SWDE (2007) : Réalisation et mise en service d'un puits de reconnaissance PR1 à Beauraing, *rapport technique n°202*, 12 p.

UNESCO-OMM (1992) : Glossaire international d'hydrologie, en quatre langues (Anglais, Espagnol, Français, Russe), *Seconde édition, UNESCO-OMM, Paris/Genève*

Wojda, P. ; Dachy, M. ; Popescu, C. ; Ruthy, I. ; Gardin, N. ; Brouyère, S. et Dassargues, A. (2005) : Appui à la conception de la structure, à l'interfaçage et à l'enrichissement de la base de données hydrogéologiques de la Région wallonne, *Convention subsidiée par Service public de Wallonie, DGARNE – Université de Liège*

ANNEXE 1: LISTE DES ABRÉVIATIONS

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 (SPW). 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

INASEP : Intercommunale Namuroise de Services Publics

<http://www.inasep.be>

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>

SWDE : Société Wallonne de Distribution d'Eau

<http://www.swde.be>

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

m : mètre

s : seconde

ANNEXE 2 : TABLE DES ILLUSTRATIONS

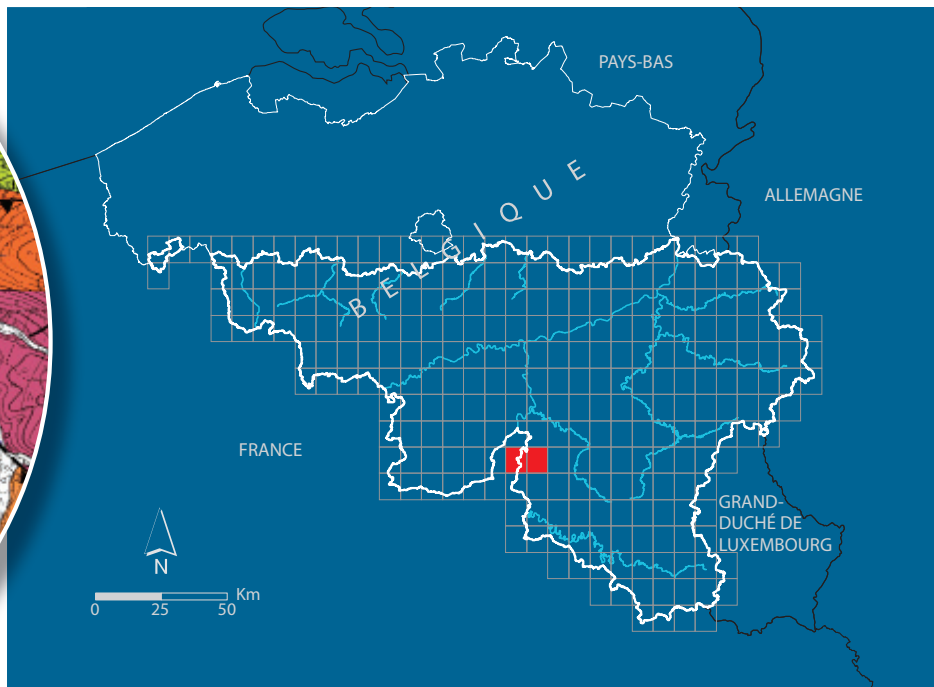
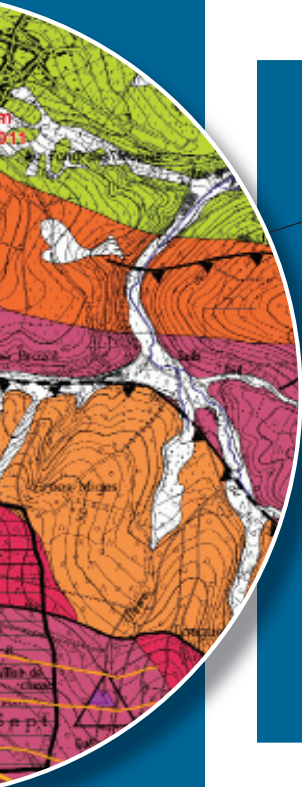
Figure I.1 : Localisation de la planchette 58/7-8	3
Figure II.1 : Unités morphostructurales sur la planche 58/7-8	4
Figure II.2 : Localisation de la Calestienne en Belgique	5
Figure II.3 : Carte du réseau hydrographique et des bassins versants de la région de Felenne - Vencimont.....	6
Figure III.1 : Localisation de la planche 58/7-8 sur la carte géologique en Wallonie.....	9
Figure III.2 : Situation dans le transect nord-sud des Synclinoria de Dinant et de Neufchâteau, durant le dépôt du Dévonien inférieur	11
Figure III.3 : Formations et faciès du Dévonien moyen au sud du Synclinorium de Dinant	13
Figure IV.1 : Les principales formations aquifères de Wallonie et localisation de la planchette 58/7-8.....	16
Figure IV.2 : différents types de porosité dans les roches meubles et cohérentes	18
Figure IV.3 : Localisation de l'Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur de la carte Felenne – Vencimont.....	21
Figure IV.4 : Localisation de l'Aquitard à niveaux aquifères de Villé de la carte Felenne – Vencimont.....	22
Figure IV.5 : Localisation de l'Aquiclude du Dévonien inférieur de la carte Felenne – Vencimont.....	22
Figure IV.6 : Localisation de l'Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur de la carte Felenne – Vencimont.....	23
Figure IV.7 : Localisation de l'Aquitard du Dévonien inférieur de la carte Felenne – Vencimont	23
Figure IV.8 : Localisation de l'Aquiclude de l'Eifelien de la carte Felenne – Vencimont.....	24
Figure IV.9 : Localisation de l'Aquitard de l'Eifelien de la carte Felenne – Vencimont	24
Figure IV.10 : Localisation de l'Aquifère de l'Eifelien de la carte Felenne – Vencimont	25
Figure IV.11 : Localisation de l'Aquifère des calcaires du Givetien de la carte Felenne – Vencimont.....	25
Figure IV.12 : Localisation de l'Aquifère alluvial de la carte Felenne – Vencimont	26
Figure IV.13 : Localisation de la Grotte de Wancennes.....	27
Figure IV.14 : Masses d'eau souterraines en présence au droit de la carte Felenne – Vencimont	28
Figure IV.15 : Localisation des ouvrages de l'INASEP « Puits du Roy » à Winenne	31
Figure IV.16 : Localisation des ouvrages de l'INASEP « Planet » et « Virée de Froidfontaine » entre Vencimont et Froidfontaine	31
Figure IV.17 : Courbes piézométriques de l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur aux environs du captage « Puits du Roy » à Winenne	32
Figure IV.18 : Localisation des ouvrages du CET de Malvoisin et sens d'écoulement en période de hautes eaux	33
Figure IV.19 : Evolution piézométrique des piézomètres « Pz1 », « Pz2 » et « Pz3 » du CET de Malvoisin de 2004 à 2010.....	33
Figure IV.20 : Localisation du puits « DOMAINE DES LOGES » entre Wancennes et Vencimont.....	34

Figure IV.21 : Localisation du « Forage puits géothermique » à Winenne	35
Figure IV.22 : Localisation du « Puits THIANGE » à Wancennes	35
Figure IV.23 : Localisation du puits « FERME DE WAYI » au sud de Beauraing.....	36
Figure IV.24 : Localisation des ouvrages des sites SWDE « Saint-Pierre », « Castel » et « Salumont ».....	37
Figure IV.25 : Evolution piézométrique du puits « CASTEL PR1 » de 2005 à 2010	37
Figure IV.26 : Evolution piézométrique du piézomètre « SALUMONT Pz1 » de 2005 à 2012.....	38
Figure IV.27 : Evolution piézométrique du piézomètre « SALUMONT Pz4 » de 2005 à 2012.....	38
Figure IV.28 : Localisation des traits de coupes AA' et BB' sur la carte 58/7-8.....	41
Figure IV.29 : Coupes hydrogéologiques de la planche 58/7-8	42
Figure IV.30 : Représentation schématique des différents types de nappes	43
Figure V.1 : Localisation du drain « BAIRY I » à l'extrême sud de la carte	45
Figure V.2 : Localisation du drain « FONTAINE AUX BUSES » à Beauraing	47
Figure V.3 : Classification hydrochimique des eaux souterraines selon un diagramme de Piper	49
Figure V.4 : Position des analyses hydrochimiques des eaux de la planche 58/7-8 sur le diagramme de Piper	50
Figure V.5 : 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 Felenne – Vencimont.....	51
Figure V.6 : Teneurs moyennes en nitrates pour les années 2004 et 2005 de quelques captages de la carte Felenne - Vencimont.....	52
Figure V.7 : Situation des ouvrages disposant de chroniques des teneurs en nitrates sur la planche 58/7-8.....	53
Figure V.8 : Evolution de la teneur en nitrates pour le drain « CASTEL D1 » de la SWDE de 1994 à 2011	54
Figure V.9 : Evolution de la teneur en nitrates pour le puits « SALUMONT P5 » de la SWDE de 1994 à 2006.....	54
Figure V.10 : Evolution de la teneur en nitrates pour le puits « WINENNE Puits DU ROY » de l'INASEP de 1998 à 2010.....	55
Figure V.11 : Evolution de la teneur en nitrates pour les eaux des drains « CLEMONT 1 ET 2 (ROLOT) » de l'INASEP de 1988 à 2007	55
Figure V.12 : Evolution de la teneur en nitrates pour le puits « CHEMIN DE BOURSEIGNE » de l'INASEP de 1993 à 2007.....	56
Figure V.13 : Evolution de la teneur en nitrates pour le puits « PLANET » de l'INASEP de 1988 à 2007	56
Figure V.14 : Etat des masses d'eau pour l'année 2008 et causes de leur dégradations	62
Figure VI.1 : Volumes prélevés entre 2005 et 2011 par les captages de distribution publique	64
Figure VII.1 : Situation des ouvrages du site « CASTEL SAINT-PIERRE »	66
Figure VII.2 : graphique général du pompage d'essai	67
Figure VII.3 : Localisation des ouvrages de l'INASEP « Puits du Roy » à Winenne	70

Figure VII.4 : débits spécifiques / rabattements	71
Figure VII.5 : Courbe caractéristique du puits « PUIITS DU ROY 2 »	72
Figure VII.6 : Situation du captage communal « PUIITS DE GREVY »	73
Figure VIII.1 : Zones de protection en Région Wallonne	75
Figure VIII.2 : Zones de prévention arrêtées et à définir sur la planche 58/7-8	78

ANNEXE 3 : COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITÉS DANS LA NOTICE

NOM	TYPE	X (m)	Y (m)	PROFONDEUR (m)
BAIRY I (RESERVOIR)	Drain	189640	78268	-
CASTEL D1	Drain	191886	87648	-
CASTEL PR1	Puits foré	192107	87584	50,0
CET MALVOISIN Puits	Puits foré	193631	78740	31,0
CET MALVOISIN Pz1	Piézomètre	193781	78792	32,0
CET MALVOISIN Pz2	Piézomètre	193730	78694	36,0
CET MALVOISIN Pz3	Piézomètre	193636	78614	32,0
CHEMIN DE BOURSEIGNE	Puits foré	184504	83478	-
CLEMONT 1 ET 2 (ROLOT)	Drain	188199	84937	-
DOMAINE DES LOGES	Puits foré	190790	82421	55,0
FERME DE WAYI	Puits foré	190796	87527	68,0
FONTAINE AUX BUSES	Drain	192539	87418	-
Forage puits géothermique	Sonde géothermique	187453	87506	90,0
GREVY-LIVESEAU	Puits foré	192644	78439	54,0
GREVY-LIVESEAU piezometre	Piézomètre	192645	78471	54,0
PLANET	Puits foré	192526	80520	-
PUITS THIANGE	Puits foré	192420	86910	50,0
SAINT PIERRE N	Drain	191320	87810	0,5
SAINT PIERRE W	Drain	191055	87690	-
SAINT-PIERRE S	Drain	191285	87655	-
SALUMONT - P5	Puits foré	192575	87673	76,0
SALUMONT - Pz4	Piézomètre	192580	87669	-
SALUMONT - PZ1	Piézomètre	192499	87455	40,0
VIREE DE FROIDFONTAINE	Puits foré	194003	80055	80,0
WINENNE PUIITS DU ROY	Puits foré	187145	85641	120,0
WINENNE PUIITS DU ROY 2	Piézomètre	187169	85305	96,0



SPW | Éditions, CARTES

Dépôt légal : D/2014/12.796/7 – ISBN : 978-2-8056-0159-0

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

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