

AVELGEM - RONSE CELLES - FRASNES-LEZ-ANVAING

29/7-8
37/3-4

Notice explicative

CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE WALLONIE

Echelle : 1/25 000



Wallonie

Photos couverture © SPW-DGARNE(DGO 3)

Fontaine de l'ours à Andenne

Forage exploité

Argillère de Celles à Houyet

Puits et sonde de mesure de niveau piézométrique

Emergence (source)

Essai de traçage au Chantoir de Rostenne à Dinant

Galerie de Hesbaye

Extrait de la carte hydrogéologique de Avelgem – Ronse, Celles - Frasnes-Lez-Anvaing



AVELGEM – RONSE, CELLES - FRASNES-LEZ-ANVAING

29/7-8, 37/3-4

Frédéric **HABILS**, Sylvie **ROLAND**, Alain **RORIVE**

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



NOTICE EXPLICATIVE

2015

Première version : Septembre 2006
Actualisation partielle : Décembre 2014

Dépôt légal –D/2015/12.796/4- ISBN : 978-2-8056-0175-0

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

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

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

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	4
I. Introduction.....	5
II. Cadre géographique, géomorphologique et hydrographique.....	6
III. Cadre géologique	8
III.1. Cadre géologique régional.....	8
III.2. Cadre géologique de la carte	11
III.2.1. Cadre lithostratigraphique.....	11
III.2.2. Cadre structural	18
IV. Cadre hydrogéologique	19
IV.1. Description des unités hydrogéologiques	19
IV.1.1. Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien.....	19
IV.1.2. Aquiclude – aquitard du Givetien	21
IV.1.3. Aquiclude du Frasnien	21
IV.1.4. Aquifère des calcaires dévono-carbonifères	21
IV.1.5. Intercalation schisteuse des calcaires dévono-carbonifères.....	24
IV.1.6. Aquiclude des schistes du Carbonifère	24
IV.1.7. Aquiclude de remplissage du Hainaut.....	24
IV.1.8. Aquiclude des marnes du Turonien.....	25
IV.1.9. Aquifère des craies du Crétacé.....	26
IV.1.10. Aquifères des sables du Paléocène	26
IV.1.11. Aquiclude – aquitard des argiles de l’Eocène	27
IV.1.12. Aquifère des sables de l’Eocène et aquifère des sables du Miocène.....	28
IV.1.13. Aquiclude des argiles bartoniennes.....	29
IV.1.14. Aquifère alluvial.....	29
IV.1.15. Aquitard limoneux	29
IV.2. Description de l’hydrogéologie régionale	30
IV.2.1. Généralités	30
IV.2.2. Piézométrie de la carte 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing	35
IV.3. Phénomènes particuliers.....	41
IV.3.1. Karstification des calcaires du Dévono-Carbonifère.....	41
IV.3.2. Glissements de terrains	42

IV.3.3.	Aléa retrait-gonflement des argiles.....	42
IV.4.	Coupes hydrogéologiques.....	43
IV.5.	Caractère de couverture des nappes.....	44
IV.6.	Isohypses.....	44
IV.7.	Caractère des nappes.....	45
V.	Cadre hydrochimique.....	46
V.1.	Caractéristiques hydrochimiques des eaux.....	46
V.1.1.	Aquifère des calcaires dévono-carbonifères.....	46
V.1.2.	Aquiclude – aquitard des argiles de l’Eocène.....	49
V.1.3.	Aquifère alluvial.....	50
V.2.	Problématique des nitrates.....	51
V.3.	Qualité bactériologique.....	54
V.4.	Autres paramètres.....	55
VI.	Exploitation des aquifères.....	56
VI.1.	Exploitation de l’aquifère des calcaires dévono-carbonifères.....	57
VI.1.1.	Société de distribution publique d’eau potable.....	57
VI.1.2.	Entreprises et particuliers.....	58
VII.	Paramètres d’écoulement.....	59
VIII.	Zones de protection.....	60
VIII.1.	Cadre légal.....	60
VIII.2.	Zones de prévention approuvées par arrêté ministériel.....	62
VIII.2.1.	Zone de prévention approuvée par arrêté ministériel autour des prises d’eau de Moustier P1 et Hacquegnies P2 (SWDE031).....	63
VIII.2.2.	Zone de prévention flamande autour des prises d’eau du site d’Avelgem – Waarmaarde – Kerkhove.....	64
VIII.3.	Zones de prévention à définir.....	64
IX.	Méthodologie de l’élaboration de la carte hydrogéologique.....	65
IX.1.	Origine des données.....	65
IX.1.1.	Données géologiques.....	65
IX.1.2.	Données météorologiques et hydrologiques.....	65
IX.1.3.	Données hydrogéologiques.....	66
IX.2.	Méthodologie de construction de la carte.....	67
IX.2.1.	Banque de données hydrogéologiques.....	67

IX.2.2.	Construction de la carte hydrogéologique	68
IX.3.	Présentation du poster A0	68
IX.3.1.	Carte hydrogéologique principale	69
IX.3.2.	Carte des informations complémentaires et du caractère des nappes	70
IX.3.3.	Carte des volumes prélevés	70
IX.3.4.	Carte des isohypses	70
IX.3.5.	Tableau de correspondance 'Géologie – Hydrogéologie'	71
IX.3.6.	Coupe hydrogéologique.....	71
IX.3.7.	Avertissement.....	72
X.	Références bibliographiques.....	73
Annexe 1.	Glossaire des abréviations.....	76
Annexe 2.	Carte de localisation	77
Annexe 3.	Coordonnées géographiques des ouvrages cités dans la notice.....	78
Annexe 4.	Tables des illustrations	79
	Liste des figures.....	79
	Liste des tableaux.....	80

AVANT-PROPOS

La réalisation de la carte hydrogéologique d'Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing s'inscrit dans le cadre du programme de cartographie des ressources en eau souterraine wallonnes commandé et financé par le Service Public de Wallonie (SPW), Direction générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement (D GARNE – DGO 3). Quatre équipes universitaires collaborent à ce projet : l'Université de Namur (UNamur), la Faculté Polytechnique de l'Université de Mons (UMons) et deux départements de l'Université de Liège (ArGEnCO-GEO³-Hydrogéologie & Géologie de l'Environnement, et Sciences et Gestion de l'Environnement, ULg-Campus d'Arlon).

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

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

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

La carte a été réalisée en 2005-2006 par Ir. Frédéric Habils et révisée en 2014 par Ir. Sylvie Roland. Le projet a été supervisé à la FPMS – UMons par Ir. Alain Rorive, chargé de cours. La révision permet de l'éditer, de la publier et de la diffuser par Internet et porte sur une actualisation partielle des données et notamment sur l'inventaire des ouvrages existants, les volumes d'eau prélevés et les zones de prévention. De même, le tableau de correspondance géologie – hydrogéologie a été actualisé.

La carte Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing révisée est destinée à être téléchargeable gratuitement sur Internet (notice explicative et poster au format PDF) ou consultable dynamiquement via une application WebGIS :

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

I. INTRODUCTION

La région couverte par la feuille 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing est située au nord-ouest de la province du Hainaut. Cette carte comprend également, au nord, une partie située en région flamande (Figure I-1).

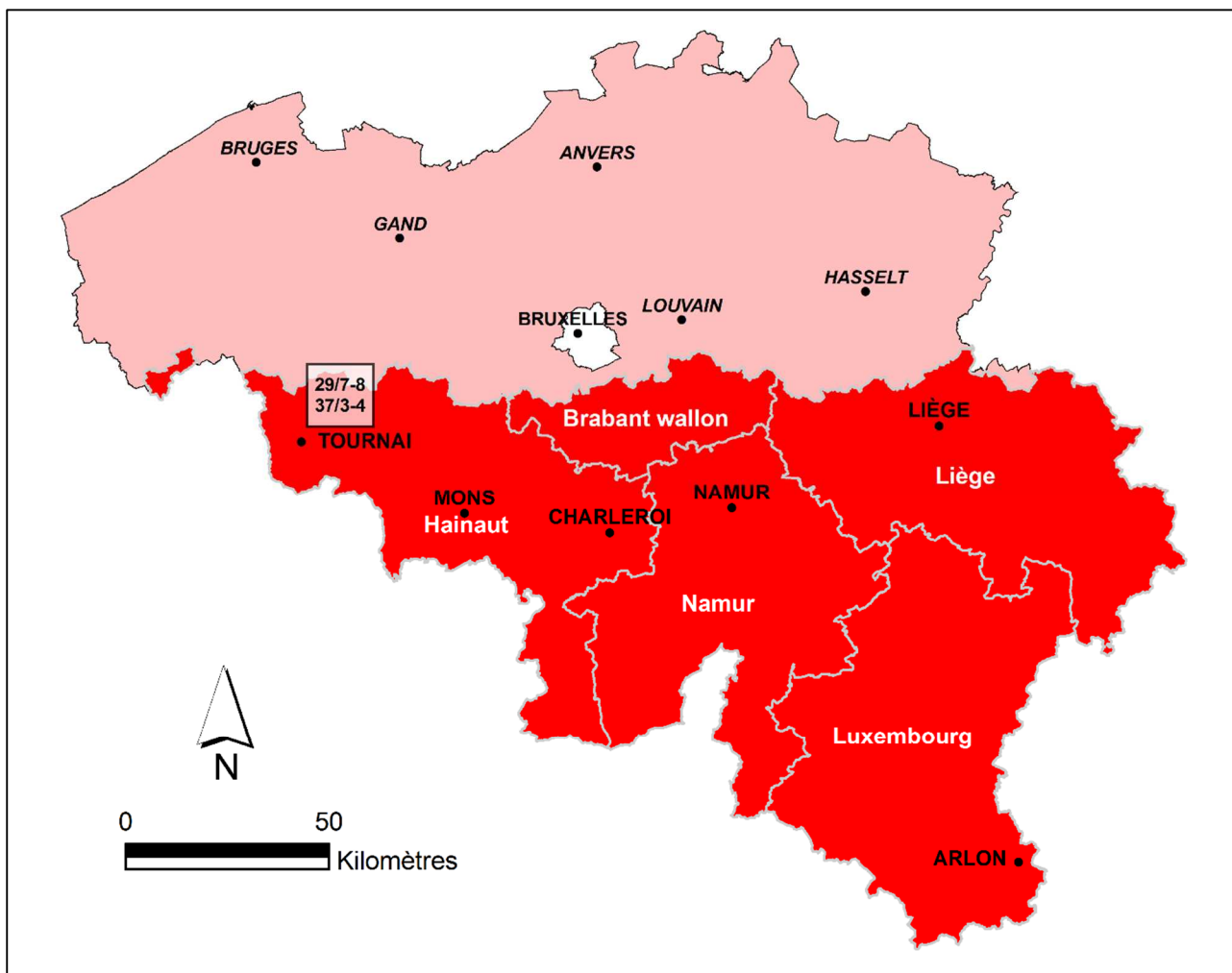


Figure I-1. Localisation de la carte 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing

L'eau, exploitée par les sociétés de distribution, mais aussi par les industriels ou à titre privé, vient principalement de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères, qui se retrouvent en profondeur sur une grande partie de la carte, ainsi que dans une moindre mesure de l'aquifère des sables paléogènes qui forment la couverture.

II. CADRE GÉOGRAPHIQUE, GÉOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE

La région couverte par la feuille Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing est située dans les provinces du Hainaut et de Flandre Occidentale. Les communes concernées sont celles de Zwevegem, Avelgem et Anzegem pour la Flandre Occidentale, Kluisbergen, Wortegem-Petegem, Oudenaarde, Maarkedal et Ronse pour la Flandre Orientale, Mont-de-l'Enclus, Celles, Tournai et Frasnes-lez-Anvaing pour le Hainaut (Figure II-1).

Les voies de communication principales sont l'autoroute E429 Tournai-Bruxelles, la N48 Tournai – Ronse et la N60 Leuze – Ronse. La voie ferrée qui relie Mons à Gent traverse la partie est de la carte.

Aux niveaux géographique et géomorphologique, la région est traversée dans sa partie nord-ouest par l'Escaut et est caractérisée par une plaine alluviale très étendue. Le relief est globalement légèrement vallonné, avec des collines qui émergent de façon nettement marquée : le Mont de l'Enclus (environ 144 mètres d'altitude) qui se prolonge vers l'est au delà de Ronse, les collines de Saint-Sauveur et de Frasnes-lez-Anvaing (environ 137,5 mètres d'altitude), ainsi que les contreforts du Mont-Saint-Aubert au sud-ouest et de la colline de Montrœul-aux-Bois au sud-est.

La plaine est caractérisée par des paysages agricoles avec de petits noyaux villageois dispersés. Les collines montrent des pentes à prairies et boisements.

Les bassins hydrographiques présents sur la carte d'Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing sont ceux de l'Escaut à l'ouest et du Rone à l'est. Une minuscule partie du bassin de la Dendre est visible sur le bord est de la carte. Les principaux affluents de l'Escaut sur la carte sont la Melle, le Rieu de Billemont, le Rieu de la Lhayé, la Rhosnes, la Petite Rhosnes et le Rieu-Saint-Martin.

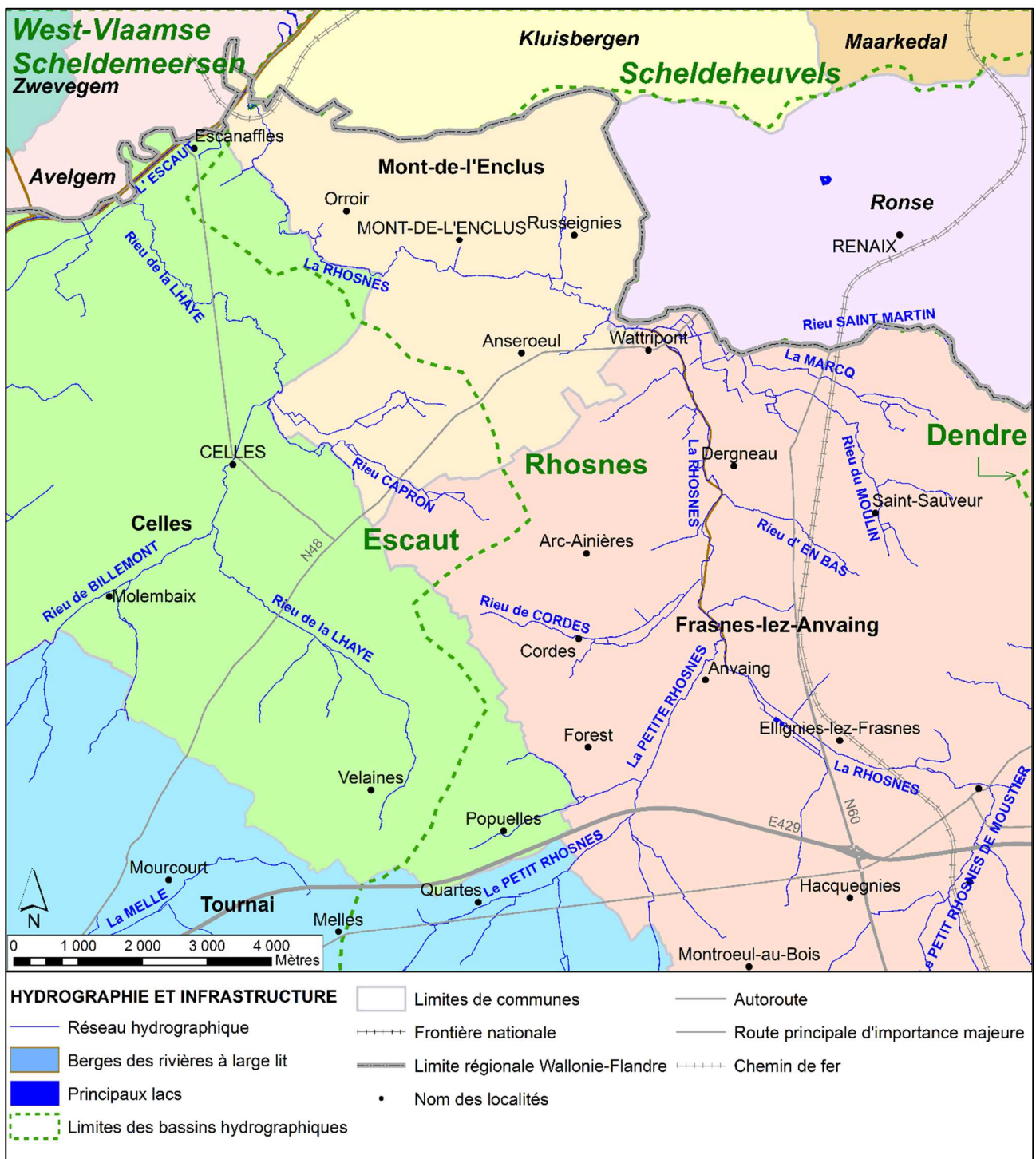


Figure II-1. Localisation des cours d'eau, lacs, berges de rivières à larges lits, limites des bassins hydrographiques, routes, limites des communes et localités

III. CADRE GÉOLOGIQUE

Le cadre géologique aborde dans un premier point la géologie régionale et dans un second point la géologie locale des cartes 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing.

III.1. CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

Un résumé très succinct de l'histoire géologique de la Wallonie peut aider à la compréhension de la suite :

- de 530 à 400 Ma : dépôt d'une série sédimentaire d'âge cambrien, ordovicien et silurien ;
- de 420 à 380 Ma : plissements calédoniens en plusieurs phases, érosion et pénéplanation ;
- de 400 à 290 Ma : dépôt sédimentaire d'âge dévonien à carbonifère sur le socle calédonien ;
- de 360 à 130 Ma : plissements varisques (ou hercyniens) en plusieurs phases, érosion et pénéplanation ;
- de 130 Ma à actuel : dépôt de sédiments meubles mésozoïques puis cénozoïques, en discordance sur la pénéplaine.

La région couverte par les planches 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing est composée d'un socle paléozoïque recouvert par des formations méso-cénozoïques essentiellement tabulaires (Figure III-1).

Le socle paléozoïque se divise en deux parties (Figure III-2) : des terrains du Paléozoïque inférieur (Cambrien, Ordovicien et Silurien), qui appartiennent au Massif du Brabant, et des terrains qui les surmontent en discordance, d'âge dévono-carbonifère, représentant une entité géotectonique appelée classiquement « bord nord du Parautochtone brabançon » (Belanger *et al.*, 2012).

Le Cambrien, l'Ordovicien et le Silurien sont composés essentiellement de roches silicoclastiques, souvent fines, plissées et montrant parfois une schistosité. Leur pendage varie entre 30 et 60°.

Les terrains dévoniens et carbonifères ont été décrits grâce à deux forages profonds de référence, ceux de Tournai (1270 mètres) (Hennebert & Doremus, 1997a) et de Leuze (1530

III. Cadre géologique

mètres) (Hennebert & Doremus, 1997b). Les pentes moyennes mesurées sur carottes sont de 8° en moyenne.

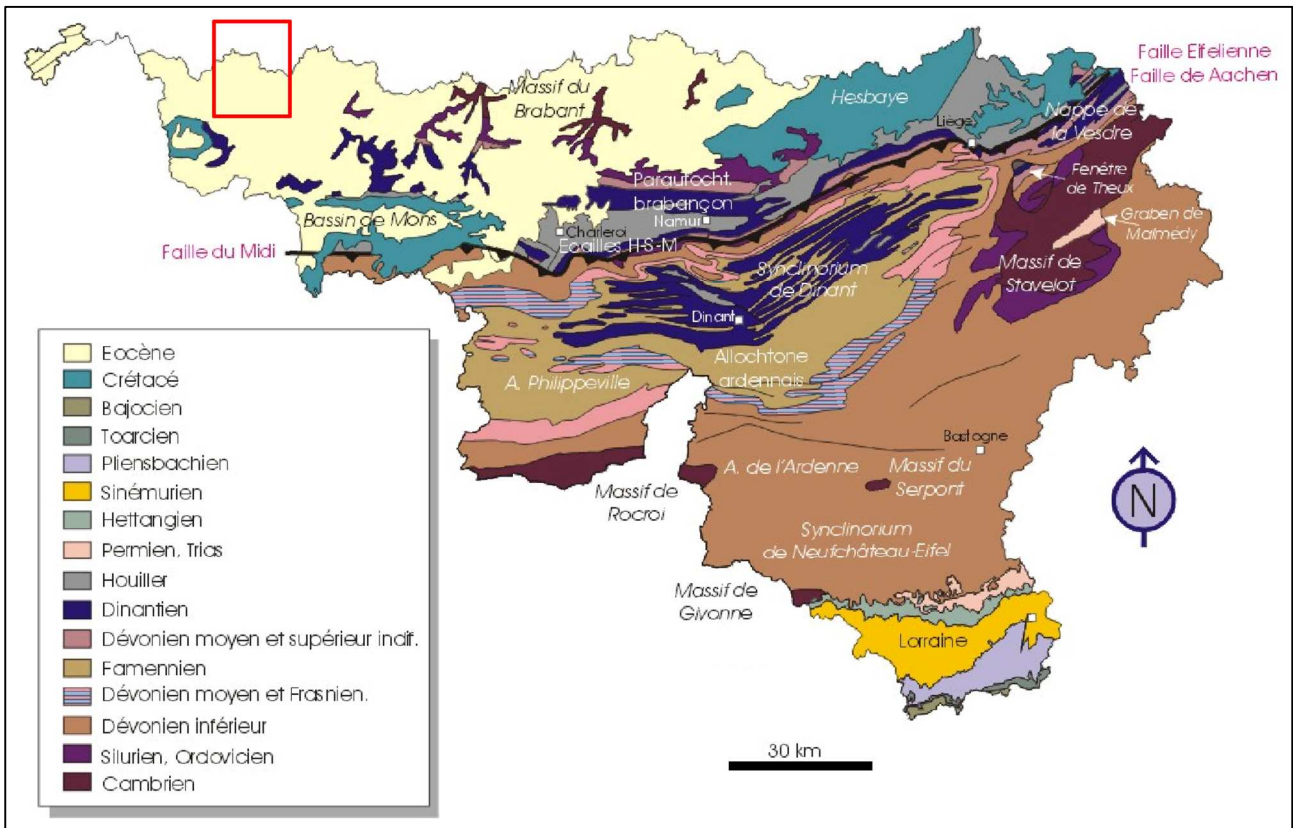


Figure III-1. Localisation des planches 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing sur la carte géologique de Wallonie (Boulvain & Pingot, 2014, modifié)

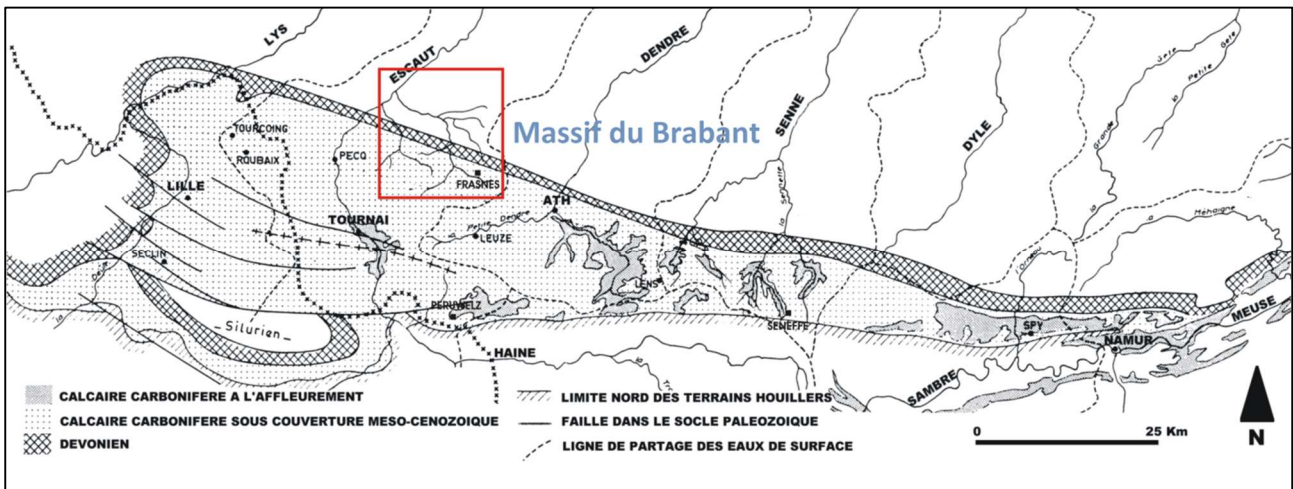


Figure III-2. Extension de la nappe des calcaires dévono-carbonifères du bord nord du Parautochtone brabançon (Youssof, 1973, modifié)

Au-dessus, la couverture méso-cénozoïque comporte des terrains d'âges très variés. Les couches crétacées (marnes et craies) appartiennent à la frange nord du Bassin de Paris, tandis

que les terrains cénozoïques (alternance complexe d'argiles et de sables) dépendent du bord sud du Bassin de la Mer du Nord. Tous sont quasi tabulaires, avec une pente passant du NO au NNO en remontant la série. Cette structure régulière est localement perturbée par la présence de poches karstiques profondes remplies de sédiments datant du Crétacé inférieur (Formation du Hainaut).

Les terrains quaternaires de la vallée de l'Escaut occupent une grande surface dans le coin nord-ouest de la carte. Sa grande extension, bien visible sur la carte voisine (Mouscron – Zwevegem & Templeuve – Pecq), peut s'expliquer par le creusement intense des vallées lors de l'avant dernière crise froide du Pléistocène (Saalien), engendrant la création d'une profonde dépression nommée « Vallée flamande ». Cette dépression a ensuite été envahie par la mer, entraînant son comblement d'abord par des sables marins et estuariens, puis par une épaisse couche de limons (Weichsélien).

En résumé, quatre grands ensembles lithostratigraphiques sont représentés sur la carte (Tableau III-1). On retrouve du plus ancien en plus récent :

- le socle paléozoïque, constitué par :
 - des schistes, siltites et grès du Silurien appartenant au Massif du Brabant ;
 - des schistes, grès, calcaires et dolomies du Dévonien ;
 - des calcaires du Carbonifère ;
- la couverture mésozoïque composée de dépôts crayeux et marneux du Crétacé (Cénomaniens au Santonien) ;
- la couverture cénozoïque constituée de dépôts sableux et argileux en alternance du Paléocène (Thanétien), de l'Eocène (Yprésien, Lutétien, Bartonien) et du Miocène (Tortonien) ;
- les alluvions quaternaires, parfois très épaisses, qui recouvrent dans les vallées les formations citées ci-avant, ainsi que des limons quaternaires, non cartographiés, mais présents en épaisseur très variable.

III.2. CADRE GÉOLOGIQUE DE LA CARTE

Cette partie décrit sommairement la lithologie et la stratigraphie des différentes formations rencontrées sur cette carte. Cette description est issue du texte explicatif de la carte géologique de Wallonie 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing au 1/25 000, établie en 2005 et dressée par C. Vanneste et M. Hennebert, auquel est renvoyé le lecteur pour une description plus précise. Cette carte géologique sert de fond à la carte hydrogéologique.

III.2.1. Cadre lithostratigraphique

Le Tableau III-1 reprend toutes les subdivisions géologiques utilisées sur la carte d'Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing. Les différentes formations sont décrites de la plus ancienne à la plus récente.

III.2.1.1. Les formations du Paléozoïque

Sur la carte d'Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing, le Paléozoïque est constitué des roches du l'Ordovico-Silurien, du Dévonien et du Carbonifère.

III.2.1.1.1. L'Ordovico-Silurien

Le socle du Massif du Brabant a été recoupé à la base de deux sondages de référence dans la région (Tournai et Leuze). Le socle du Massif du Brabant est constitué de schistes, de siltites, de niveaux de grès et de quartzites. Il est partout sous couverture sur cette carte mais se retrouve à l'affleurement vers l'est, sur la carte 38/1-2 de Mainvault – Lessines (Roland & Rorive, 2010) où elles sont mieux décrites.

III.2.1.1.2. Le Dévonien

La Formation du Bois de Bordeaux (BOR – Dévonien moyen, Givetien) représente les premières couches en discordance sur le socle du Massif du Brabant. Elle est divisée en trois membres (de la base au sommet : Mautiennes, Alvaux et Mazy) et correspond à des dépôts continentaux, alors que les roches sus-jacentes sont clairement d'origine marine. Le Membre des Mautiennes (30 à 55 mètres d'épaisseur) débute par un conglomérat et est suivi par des schistes et des grès rouges et verts, parfois carbonatés. Le Membre d'Alvaux (220 à 335 mètres d'épaisseur) est composé de calcaires, de grès et de schistes carbonatés et de nombreux niveaux anhydritiques peu épais. Le Membre de Mazy (70 à 100 mètres d'épaisseur) est constitué par des grès et des schistes rouges et des couches de calcaires gréseux au sommet.

Tableau III-1. Tableau lithostratigraphique de la carte d’Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing

Ere	Système	Série	Etage	Formation	Membre	Abréviation	Lithologie			
CENOZOÏQUE	Quaternaire	Holocène		Alluvions modernes		AMO	Sables grossiers à fins, limons sableux, argiles plastiques, niveaux tourbeux			
		Pléistocène		Alluvions anciennes		LIM	Limons siliceux, argileux, calcaires très fins			
				Limons		ALA	Graviers de silex, grès, sables grossiers à fins et limons			
	Néogène	Miocène	Tortonien	Diest		DIE	Sables grossiers, limoniteux, bancs de grès, graviers de silex à la base			
	Paléogène	Eocène	Bartonien		Maldegem		MDG	Argiles compactes, argiles sableuses, glauconies		
				Lutétien	Lede		LED	Graviers de quartz grossiers, sables fins à niveaux de grès calcaires		
			Yprésien		Gentbrugge		GEN	Sables fins, argiles légèrement silteuses à la base		
				Tielt	Mont Panisel	TLT	PAN	Argiles silteuses à bancs de grès		
					Egem		EGM	Sables très fins, lentilles d'argiles au sommet		
					Kortemark		KTM	Silts fins argileux, silts grossiers à intercalations sableuses		
		Kortrijk	Aalbeke	KOR	AAL	Argiles finement silteuses				
			Mons-en-Pévèle		MEP	Sables silteux, grès, argiles silteuses				
			Roubaix		RBX	Argiles, silts, sables fins				
		Paléocène	Thanétien	Hannut	Grandglise	HAN	GRA	Sables fins et intercalations argileuses		
					Cherq		CHE	Sables argileux et argiles sableuses		
	MESOZOÏQUE	Crétacé	Supérieur	Coniacien	Maisières		MAI	Craies grossières et craies sableuses		
				Turonien	Esplechin		ESP	Craies à silex		
					Vert Galand	Merlin Bruyelle	VEG	MER BRU	Marnes et marnes crayeuses	
			Inférieur	Hainaut		HAI	Argiles, sables et cailloutis			
PALEOZOÏQUE			Carbonifère	Viséen	Moliniacien	Pecq		PEC	Calcaires et dolomies	
				Tournaisien	Ivorien	Antoing	Warchin	ANT	WAR	Calcaires argilo-siliceux
	Gaurain-Ramecroix	GAU								
	Calonne supérieur	CAS								
	Calonne inférieur	CAI								
	Tournaisien	Ivorien		Tourmai	Vaulx	TOU	VAU	Calcaires argilo-siliceux		
					Pont à Rieu		PAR			
					Providence		PRO			
					Allain		ALL			
	Tournaisien	Ivorien		Tourmai	Crampont	TOU	CRA	Calcaires argilo-siliceux		
	Dévonien	Supérieur	Hastarien	Orient		ORI	Schistes et calcschistes			
				Landelies		LAN	Calcaires et calcschistes			
				Pont d'Arcole		PDA	Schistes			
			Samme	Mévergnies	SAM	MEV	Grès dolomitiques, calcaires gréseux et schistes			
				Feluy		FEL	Calcaires oolitiques, gréseux et dolomitiques			
				Bois de la Rocq		BDR	Poudingue, grès et schistes			
		Moyen	Famennien	Franc-Waret		FRW	Dolomies gréseuses, dolomies calcaires			
Rhisnes					RHI	Calcaires et calcschistes, parfois dolomitiques				
Bovesse					BOV	Schistes et calcaires				
Givetien			Bois de Bordeaux	Mazy	BOR	MAZ	Grès, schistes et calcaires gréseux			
				Alvaux		ALV	Calcaires, grès et schistes			
				Mautiennes		MAU	Poudingue, grès et schistes			
Silurien	Ludlow	Gorstien				Schistes, siltites, grès				

La Formation de Bovesse (BOV – Dévonien supérieur, Frasnien) est constituée de schistes et de calcaires fins ou grossiers, crinoïdiques et nodulaires, sur 320 à 400 mètres d'épaisseur.

La Formation de Rhisnes (RHI – Dévonien supérieur, Frasnien) se compose de calcaires nodulaires et de calcaires argileux, parfois dolomitiques. L'épaisseur de la formation est comprise entre 15 et 85 mètres. La Formation de Rhisnes est considérée comme étant la base de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères et correspond à la limite nord de son extension sur la carte où elle est peu précise. Cette limite sous couverture est symbolisée par un tireté rouge.

La Formation de Franc-Waret (FRW – Dévonien supérieur, Frasnien à Famennien) est composée de dolomies gréseuses, devenant carbonatées vers le sommet. La base de cette formation est d'âge nettement frasnien. La formation ne dépasse pas 15 mètres d'épaisseur. Latéralement et vers l'est, un changement latéral de faciès en fait une formation à dominante schisteuse.

Seule la base de la Formation de la Samme appartient au Dévonien. Elle est représentée par le Membre du Bois de la Rocq (BDR – Dévonien supérieur, Famennien). C'est un ensemble de 25 à 30 mètres, gréseux à intercalations de shales, avec un poudingue à la base.

III.2.1.1.3. Le Carbonifère

Les parties moyenne et supérieure de la Formation de la Samme (SAM – Tournaisien, Hastarien) comprend deux membres : ceux de Feluy et de Mévergnies. Le Membre de Feluy (FEL) se compose de calcaires très variés, oolithiques, gréseux ou dolomitiques, sur 10 à 50 mètres d'épaisseur. Le Membre de Mévergnies (MEV) montre une puissance de 20 à 25 mètres de grès dolomitique, avec quelques niveaux calcaires.

La Formation du Pont d'Arcole (PDA – Tournaisien, Hastarien) est faite de schistes sombres, accompagnés de petits niveaux de calcaire gréseux vers le milieu de la série. Elle constitue un intercalaire plus schisteux dans la série des calcaires. Son épaisseur est comprise entre 15 et 25 mètres.

La Formation de Landelies (LAN – Tournaisien, Hastarien) correspond, dans sa partie inférieure et supérieure, à une alternance de calcaires crinoïdiques et de calcschistes. La partie médiane montre un calcaire plus massif. L'épaisseur de la formation est comprise entre 45 et 85 mètres.

La Formation de l'Orient (ORI – Tournaisien, Hastarien) est constituée, sur 25 à 60 mètres, de schistes et de calcschistes, gris foncé, avec plusieurs niveaux de calcaires crinoïdiques et

fossilifères, parfois gréseux. Cette formation peu perméable peut être considérée comme la base des formations aquifères qui la surmontent.

La Formation de Tournai (TOU – Tournaisien, Ivorien) correspond à la partie inférieure du « Calcaire de Tournai ». Elle regroupe le Membre du Crampon (CRA), le Membre d'Allain (ALL), le Membre de la Providence (PRO), le Membre de Pont-à-Rieu (PAR) et le Membre de Vaulx (VAU). La Formation de Tournai contient essentiellement des calcaires argilo-siliceux, gris foncé à noir, en bancs épais de 25 à 45 cm (en moyenne), séparés par des interbancs calcschisteux. Ces calcaires correspondent à des micrites, imprégnées de silice diagénétique microcristalline. Ils sont normalement peu argileux, sauf à la base (Membre du Crampon et, dans une moindre mesure, Membre d'Allain) où s'opère le passage d'une sédimentation à prédominance argileuse (Formation de l'Orient) vers une sédimentation presque essentiellement calcaire (Membres de la Providence et de Pont-à-Rieu). L'épaisseur de la Formation de Tournai est comprise entre 135 et 145 mètres.

La Formation d'Antoing (ANT – Tournaisien, Ivorien) regroupe le Membre de Calonne inférieur (CAI), le Membre de Calonne supérieur (CAS), le Membre de Gaurain-Ramecroix (GAU) et le Membre de Warchin (WAR). Elle est constituée essentiellement de calcaires argilo-siliceux, gris foncé à noir, en bancs épais de 20 à 80 cm, séparés par des joints de stratification, souvent minces, calcschisteux ou franchement argileux. La formation débute juste au-dessus du Gras Délit (passée d'argilite, épaisse de quelques centimètres à près de 20 cm, suivant les endroits, qui constitue un excellent niveau repère dans tout le gisement carrier du Tournaisien). La puissance de la formation est d'environ 270 mètres.

La Formation de Pecq (PEC – Tournaisien à Viséen, Ivorien à Molinacien) est constituée de roches assez massives, calcaires et dolomitiques, grenues, crinoïdiques, parfois silicifiées. Cette formation peut être considérée comme la formation sommitale de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères. L'épaisseur fait environ 70 – 80 mètres.

III.2.1.2. Les formations du Mésozoïque

La Formation du Hainaut (HAI – Crétacé inférieur) regroupe tous les dépôts sédimentaires compris entre les couches paléozoïques et celles marquant les transgressions du Crétacé supérieur. Il s'agit des dépôts « wealdiens » des auteurs précédents. La nature de ces terrains est variable, mais il s'agit toujours de dépôts continentaux, essentiellement des résidus de l'altération du socle paléozoïque. Ce sont :

- des argiles de décalcification ;
- des cailloutis roulés ou non ;
- des argiles noires, plastiques, avec ou sans lignite ;

- des sables blancs.

Cette formation, d'épaisseur variable (jusqu'à plusieurs dizaines de mètres), semble jalonner les manifestations karstiques et/ou les zones de fracturation importante. Dans les deux cas, la paléotopographie a favorisé la mise en place et la conservation de ces dépôts.

La Formation du Vert Galand (VEG – Turonien) regroupe les faciès marneux anciennement dénommés « Dièves » et « Fortes Toises », qui correspondent actuellement aux membres de Bruyelle et de Merlin. Le Membre de Bruyelle (BRU), épais de 0 à 10 mètres environ, ne semble pas être présent dans cette partie du Tournaisis. Il est constitué, de bas en haut, d'un cailloutis de transgression dans une matrice marneuse, de marnes gris-verdâtres et de marnes gris-blanchâtres. Le Membre de Merlin (MER) est constitué par des marnes gris-blanc à glauconie fine et de marnes crayeuses blanches contenant de nombreuses concrétions siliceuses grises. L'épaisseur du membre varie du 0 à 5 mètres.

La Formation d'Esplechin (ESP – Turonien supérieur), anciennement « Rabots », est constituée d'une craie blanchâtre, à gros silex noirs. L'épaisseur va de 0 à 5 mètres.

La Formation de Maisières (MAI – Coniacien) se compose d'une craie très grossière, sableuse, dure, cohérente, avec la présence de quelques hardgrounds. Elle est surtout présente dans la partie nord de la carte. Son épaisseur est comprise entre 0 et 4 mètres environ.

III.2.1.3. Les formations du Cénozoïque

Le Cénozoïque est scindé ici en trois systèmes : le Paléogène, le Néogène et le Quaternaire.

III.2.1.3.1. Le Paléogène

La Formation de Hannut (HAN – Paléocène, Thanétien) est une unité très hétérogène, qui a été divisée en deux membres sur cette carte (Chercq et Grandglise). Le Membre de Chercq (CHE) montre un sable argileux et une argile sableuse verte, avec parfois des silex remaniés et corrodés à la base. La fraction sableuse prend de plus en plus d'importance quand on remonte vers le sommet. Son épaisseur est de 20 mètres à l'ouest et diminue progressivement vers l'est jusque 5 à 10 mètres. Le Membre de Grandglise (GRA) est un sable fin vert, avec des intercalations argileuses. Son épaisseur est de 5 à 10 mètres.

La Formation de Kortrijk (KOR – Eocène, Yprésien) est composée principalement de sédiments argileux, dont les différents membres (Orchies, Roubaix, Mons-en-Pévèle et Aalbeke) ont été cartographiés. Le Membre d'Orchies (ORC) est constitué par une argile plastique, lourde, dont la base peut être marquée par un lit de galets et/ou un paquet d'argile laminée de lentilles

sableuses. L'épaisseur est de 30 à 40 mètres. Le Membre de Roubaix (RBX) est assez hétérogène, de l'argile alterne avec des silts et des sables fins, avec localement même des intercalations de grès. Son épaisseur est de 20 mètres au nord et diminue vers le sud. Le Membre de Mons-en-Pévèle (MEP) montre une alternance entre des sables très fins et des silts, parfois indurés en grès vers le sommet, et des argiles silteuses. Le membre fait 10 mètres d'épaisseur. Enfin, le Membre d'Aalbeke (AAL) est composé d'argile gris-bleu, lourde, compacte et très finement silteuse, sans fraction sableuse. Ce membre est présent dans les collines du Mont-de-l'Enclus et de Frasnes-lez-Anvaing, jusqu'à une épaisseur de 5 mètres, mais disparaît vers le sud : il est absent du Mont-Saint-Aubert et à Montreuil-au-Bois.

La Formation de Tielt (TLT – Eocène, Yprésien) comprend sur 20 mètres d'épaisseur, trois membres indifférenciés :

- le Membre de Kortemark (KTM) est représenté par un silt fin, argileux, passant à un silt grossier avec intercalations sableuses ;
- le Membre d'Egem (EGM) est un sable fin, avec des niveaux à lentilles d'argile au sommet ;
- le Membre du Mont Panise! (PAN) est composé, ici, par une argile silteuse à bancs de grès.

La Formation de Gentbrugge* (GEN – Eocène, Yprésien) est localisée uniquement au sommet des collines du Mont-de-l'Enclus, de Frasnes-lez-Anvaing et de Mont-Saint-Aubert. A la base, se trouve une argile gris foncé, pouvant être légèrement silteuse, suivie de sables fins. Le sommet du niveau argileux peut induire la présence de sources. La distinction par rapport à la formation sous-jacente est difficile. L'épaisseur de la formation est de 30 mètres.

La Formation de Lede (LED – Eocène, Lutétien) est constituée d'un gravier de quartz grossier, surmonté d'un sable fin, comprenant habituellement quelques niveaux de grès calcaires. Son épaisseur est comprise entre 2 et 5 mètres.

La Formation de Maldegem (MDG – Eocène, Bartonien) est représentée sur une épaisseur d'environ 5 mètres par une argile sableuse à compacte.

* La Formation de Gent a été renommée 'Formation de Gentbrugge' par Laga *et al.*, 2001, le terme 'Gent' étant déjà utilisé dans le Quaternaire.

III.2.1.3.2. *Le Néogène*

La Formation de Diest (DIE – Miocène, Tortonien) rassemble les dépôts de la dernière transgression marine importante observée en Belgique. Il s'agit de sables grossiers, limoniteux, avec un gravier de silex à la base. Le sable peut être altéré en bancs de grès. La formation est épaisse d'environ 10 mètres. Il faut remarquer que si au nord du pays, la Formation de Diest correspond bien à un dépôt marin, dépendant du bassin de la Mer du Nord, il est probable qu'il s'agit, en réalité, ici, d'une formation sableuse plus ancienne, décalcifiée, altérée et limonitisée, sur la pénéplaine fini-tertiaire.

III.2.1.3.3. *Le Quaternaire*

Les alluvions anciennes (ALA – Pléistocène supérieur) regroupent principalement des alluvions fluviales, pouvant également contenir des colluvions de bas de versants. Il s'agit de graviers de silex, grès, ... accompagnés de sables grossiers à fins et de limons. L'épaisseur est très variable, de 0 à 20 mètres).

Même s'ils forment une couche quasi continue sur toute la carte, les dépôts limoneux (LIM – Pléistocène) n'ont pas été cartographiés. Ces limons sont très homogènes et composés de dépôts éoliens (poussières) siliceux, argileux, calcaires, très fins et légèrement poreux. Leur épaisseur varie de 3 à 9 mètres sur les versants des collines, et peut atteindre 20 mètres dans la vallée de l'Escaut.

Les alluvions modernes (AMO – Holocène) sont des dépôts de fond de vallée. Elles sont composées d'un mélange assez hétérogène de sables grossiers à fins, de limons sableux, d'argiles plastiques, et même la présence fréquente de niveaux tourbeux. A l'état naturel, l'Escaut présentait de nombreux méandres, qui ont été rectifiés pour faciliter la navigation. L'ancien tracé naturel permet toutefois de comprendre le relief ainsi que la structure peu profonde de la plaine alluviale. Lors des crues de la rivière, les sédiments les plus grossiers (sables, limons) se sont déposés près des berges tandis que les sédiments les plus fins ont été se décanter dans les zones plus calmes, à plus grande distance du cours d'eau. Ce sont dans ces mêmes zones éloignées que se retrouvent des accumulations de végétaux flottés, responsables de la formation de tourbe. Cette ségrégation naturelle des différents matériaux, ainsi que leur compaction différentielle, vont entraîner la formation de digues, enserrant la rivière et l'isolant de la zone inondable en contrebas, engendrant la création de région très humides, voire marécageuses. L'épaisseur est très variable, allant de 0 à plus de 10 mètres.

III.2.2. Cadre structural

Le cadre structural régional est décrit plus précisément dans le livret explicatif de la carte géologique de Wallonie (Vanneste & Hennebert, 2005). Les éléments principaux sont résumés ci-dessous.

III.2.2.1. L'ensemble varisque

La structure du socle paléozoïque est marquée par la superposition du bord nord du Parautochtone brabançon (Belanger *et al.*, 2012) au bord sud du Massif calédonien du Brabant. Ce dernier massif présente un aspect anticlinal très ample d'axe ONO – ESE. Seul le Silurien serait présent au nord de la carte, sous couverture méso-cénozoïque.

La carte est occupée au centre par le flanc nord du Synclinal de Roubaix – Leuze et au sud par l'anticlinal de Frasnes.

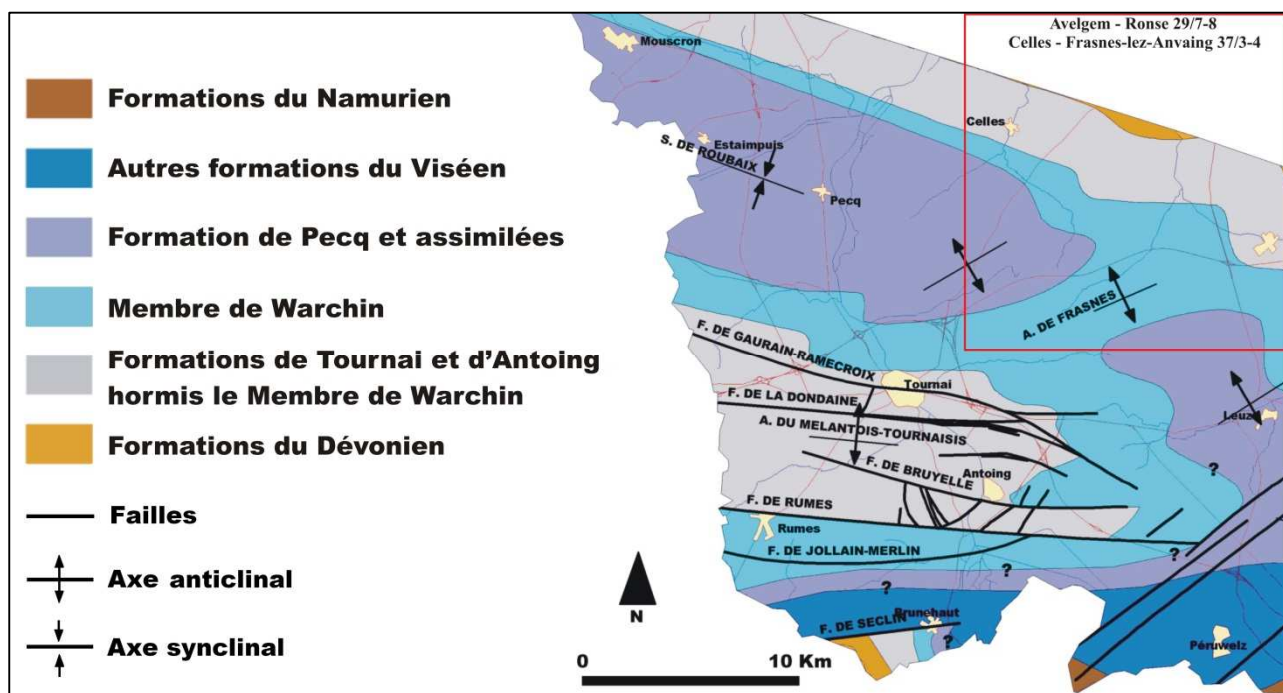


Figure III-3. Cadre structurale schématique du socle paléozoïque du Tournaisis (Kaufmann, 2000, modifié)

III.2.2.2. L'ensemble méso-cénozoïque

Cette couverture est globalement tabulaire, avec une faible pente vers le NNO, comme pour la majorité des dépôts du bord sud du Bassin de la Mer du Nord. Le mouvement de remontée vers le sud est accentué par la présence, dans la partie méridionale de la carte, de l'Anticlinal du Mélantois – Tournaisis, qui a subi plusieurs phases de relèvements au cours du Cénozoïque.

IV. CADRE HYDROGÉOLOGIQUE

IV.1. DESCRIPTION DES UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES

Les unités hydrogéologiques définies pour la carte 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing sont décrites ci-dessous dans l'ordre stratigraphique, de la plus ancienne à la plus récente. Elles sont reprises dans le Tableau IV-1 synthétique ainsi que dans le tableau de correspondance du poster A0 joint à la notice.

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

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

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

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

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

L'aquiclude du socle cambro-silurien serait présent au nord-est de la carte sous une couverture sablo-argileuse méso-cénozoïque d'au moins 80 à 100 mètres d'épaisseur.

Deux types de nappes se distinguent dans le socle cambro-silurien : la nappe d'altération du sommet et la nappe des fissures sous-jacentes.

Tableau IV-1. Tableau de correspondance 'Géologie – Hydrogéologie' de la carte d'Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing

Ere	Système	Série	Etage	Formation	Membre	Abréviation	Lithologie	Hydrogéologie		
CENOZOÏQUE	Quaternaire	Holocène		Alluvions modernes		AMO	Sables grossiers à fins, limons sableux, argiles plastiques, niveaux tourbeux	Aquifère alluvial		
		Pléistocène		Alluvions anciennes		LIM	Limons siliceux, argileux, calcaires très fins	Aquitard limoneux (non cartographié)		
				Limons		ALA	Graviers de silex, grès, sables grossiers à fins et limons	Aquifère alluvial		
	Néogène	Miocène	Tortonien	Diest		DIE	Sables grossiers, limoniteux, bancs de grès, graviers de silex à la base	Aquifère des sables du Miocène		
	Paléogène	Eocène	Yprésien	Bartonien	Maldegem		MDG	Argiles compactes, argiles sableuses, glauconies	Aquiclude des argiles bartoniennes	
				Lutétien	Lede		LED	Graviers de quartz grossiers, sables fins à niveaux de grès calcaires	Aquifère des sables de l'Eocène	
			Tielt	Gentbrugge			GEN	Sables fins, argiles légèrement silteuses à la base	Aquiclude - aquitard des argiles de l'Eocène	
					Mont Panisel		PAN	Argiles silteuses à bancs de grès	Aquifère des sables de l'Eocène	
				Egem		EGM	Sables très fins, lentilles d'argiles au sommet			
				Kortemark		KTM	Silts fins argileux, silts grossiers à intercalations sableuses			
		Kortrijk	Aalbeke			AAL	Argiles finement silteuses	Aquiclude - aquitard des argiles de l'Eocène		
				Mons-en-Pévèle		KOR	MEP	Sables silteux, grès, argiles silteuses	Aquifère des sables de l'Eocène	
			Roubaix		RBX	Argiles, silts, sables fins	Aquiclude - aquitard des argiles de l'Eocène			
			Orchies		ORC	Argiles plastiques	Aquifère des sables de l'Eocène			
		Paléocène	Thanétien	Hannut	Grandglise		HAN	GRA	Sables fins et intercalations argileuses	Aquifère des sables du Paléocène
					Cherq		CHE	Sables argileux et argiles sableuses		
	MESOZOÏQUE	Crétacé	Supérieur	Coniacien	Maisières		MAI	Craies grossières et craies sableuses	Aquifère des craies du Crétacé	
				Esplechin		ESP	Craies à silex			
Turonien			Vert Galand	Merlin Bruyelle		VEG	MER BRU	Marnes et marnes crayeuses	Aquiclude des marnes du Turonien	
Inférieur			Hainaut		HAI		Argiles, sables et cailloutis	Aquiclude de remplissage du Hainaut (non cartographié)		
PALEOZOÏQUE		Carbonifère	Tournaisien	Viséen	Moliniacien	Pecq		PEC	Calcaires et dolomies	Aquifère des calcaires dévono-carbonifères (non cartographié)
							Ivorien	Antoing	Warchin	
	Gaurain-Ramecroix				GAU					
	Calonne supérieur				CAS					
	Calonne inférieur				CAI					
	Tournai			Vaulx			TOU	VAU	Calcaires argilo-siliceux	
			Pont à Rieu			PAR				
			Providence		PRO					
			Allain		ALL					
	Hastarien		Orient			ORI		Schistes et calcschistes	Aquiclude des schistes du Carbonifère (non cartographié)	
				Landelies		LAN		Calcaires et calcschistes		
	Dévonien		Supérieur	Famennien	Franc-Waret			FRW	Dolomies gréseuses, dolomies calcaires	
		Rhisnes					RHI	Calcaires et calcschistes, parfois dolomitiques		
		Bovesse			BOV	Schistes et calcaires	Aquiclude du Frasnien (non cartographié)			
		Moyen	Givetien	Bois de Bordeaux	Mazy		BOR	MAZ	Grès, schistes et calcaires gréseux	
					Alvaux		ALV	Calcaires, grès et schistes		
		Mautiennes		MAU	Poudingue, grès et schistes					
	Silurien	Ludlow	Gorstien					Schistes, siltites, grès	Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien (non cartographié)	

L'importance du premier type de nappe est liée au taux d'altération des grès, des schistes et des siltites. Les premiers s'altèrent en sables pouvant contenir un aquifère local, tandis que les seconds donnent des argiles par altération, et donc des niveaux peu perméables. Le second type de nappe est dû aux différentes phases tectoniques ayant affecté le Massif du Brabant, ce qui induit un taux de fissuration parfois élevé. Le rôle de ces fractures est notoire car elles sont capables de drainer d'importantes quantités d'eau, logées dans la zone d'altération du socle si leur

remplissage est perméable (ce qui est le cas pour les formations gréseuses). Par contre, dans les schistes et dans les siltites, le remplissage argileux rend le massif peu perméable et improductif.

La ligne verte et noire discontinue qui traverse le nord de la carte principale symbolise en pratique la limite sud de l'extension de l'aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien, car celui-ci s'enfonce rapidement sous les formations dévono-carbonifères.

IV.1.2. Aquiclude – aquitard du Givetien

La Formation du Bois de Bordeaux, composée d'un conglomérat, de schistes, de grès argileux, de calcaires contenant des schistes, des schistes gréseux, est très peu perméable. Cette formation ne constitue donc qu'un aquiclude, au mieux un aquitard grâce aux niveaux calcaires ou gréseux.

IV.1.3. Aquiclude du Frasnien

L'aquiclude du Frasnien comprend la formation schisteuse de Bovesse. Celle-ci constitue une base imperméable à l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères sus-jacent.

IV.1.4. Aquifère des calcaires dévono-carbonifères

Un aquifère important se développe dans les calcaires et les dolomies du Dévono-Carbonifère*. C'est une des principales ressources en eau de Belgique et du nord de la France : près du quart des eaux captées en Wallonie sont issues de cet aquifère. Ceci est dû au fait que les joints de toutes natures, les fractures, les diaclases, la stratification et les failles confèrent aux calcaires du Dévono-Carbonifère une bonne perméabilité. De plus, la circulation d'eau associée aux processus chimiques a élargi les fissures en véritables conduits (karstification), formant ainsi des zones à circulation préférentielle.

Pour rappel, les calcaires et dolomies du Dévonien supérieur et Carbonifère inférieur du bord nord-ouest du Parautochtone brabançon s'étendent de Namur à Lille en une bande d'orientation générale est – ouest. Cette bande calcaire est large d'environ deux kilomètres à hauteur de Namur. Elle s'élargit vers l'ouest et atteint une trentaine de kilomètres d'extension nord-sud à hauteur de Tournai.

La nappe des calcaires du Dévono-Carbonifère est limitée au nord par les formations du Dévonien moyen et supérieur et plonge au sud sous celles du Namurien et du Westphalien qui constituent le cœur du Parautochtone brabançon. La ligne verte et noire discontinue qui traverse le

* L'aquifère des calcaires du Dévono-Carbonifère et l'aquifère des calcaires du Carbonifère sont deux appellations qui désignent le même aquifère. La différenciation se fait en fonction de la présence du Dévonien sur la carte.

nord de la carte principale symbolise la limite nord de l'extension de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères (correspondant à la base de la Formation de Rhisnes). Cette limite, située sous couverture, est peu précise et indiquée comme « supposée ».

Dans l'ouest du bassin, les failles normales, cisailantes dextres, orientées est-ouest délimitent le « Horst* du Tournaisis » et permettent de diviser l'aquifère des calcaires du Dévono-Carbonifère en plusieurs parties (Figure IV-1) :

- la zone de Pecq – Roubaix, au nord de la faille de Gaurain-Ramecroix ;
- la zone de Frasnes – Péruwelz – Seneffe, à l'est du dôme du Mélantois – Tournaisis et de l'anticlinal transverse de Frasnes ;
- une zone au sud de la faille de la Dondaine (Figure III-3), souvent rattachée à la zone de Frasnes – Péruwelz – Seneffe ;
- une zone comprise entre la faille de Gaurain-Ramecroix et celle de la Dondaine (Figure III-3).

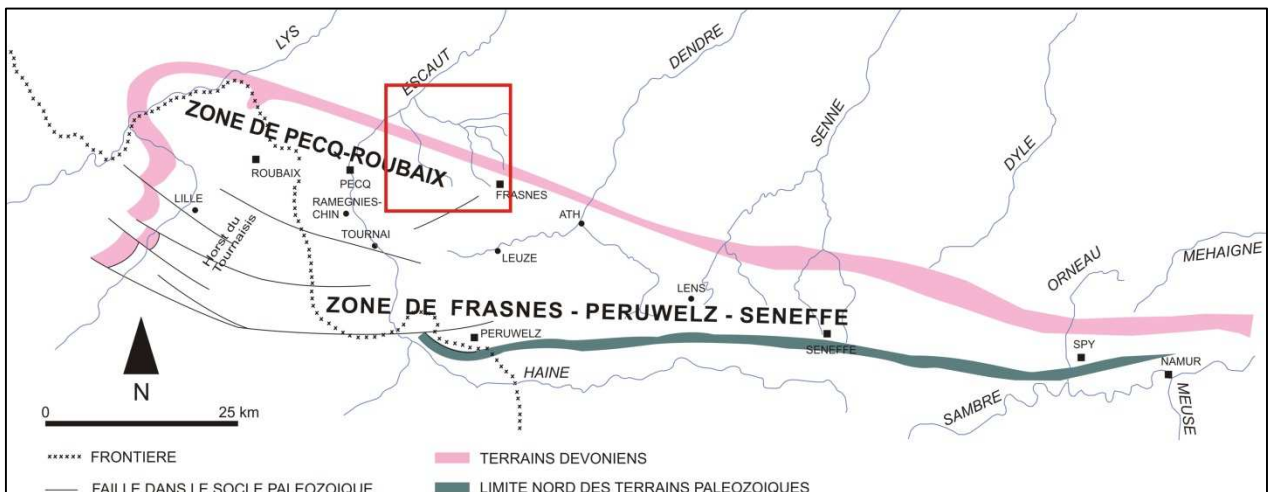


Figure IV-1. Divisions principales de la nappe des calcaires du Dévono-Carbonifère (Youssof, 1973, modifié) et localisation de la carte 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing

Globalement, la zone de Pecq – Roubaix se trouve sous une couverture de terrains imperméables ou peu perméables mésozoïques et cénozoïques (environ une dizaine de mètres de marnes, sables argileux et argiles), ce qui lui confère un caractère captif. Cependant, la nappe n'est pas partout sous pression car le sommet de l'aquifère est actuellement dénoyé sur une grande partie de la zone (voir coupe hydrogéologique du poster A0 de la carte 29/5-6 Mouscron – Zwevegem & 37/1-2 Templeuve – Pecq).

* Horst : structure tectonique constituée par des failles normales de même direction, limitant des compartiments de plus en plus abaissés en s'éloignant du milieu de la structure (Foucault & Raoult, 2005).

Par ailleurs, entre Tournai et Ramegnies-Chin, il n'y a pas de couverture imperméable, ce qui entraîne une percolation des nappes superficielles vers le calcaire sous-jacent (FPMS, 1998, 1996).

Par contre, dans la zone de Frasnes – Péruwelz – Seneffe, la couverture des calcaires du Dévono-Carbonifère est souvent moins épaisse et est plus perméable à semi-perméable. Cela confère à cette partie de l'aquifère un caractère libre à semi-libre ou semi-captif.

Cependant, à l'échelle de la carte, les zones qui ont été définies pour l'ensemble de l'aquifère des calcaires du Dévono-Carbonifère, n'ont plus beaucoup de sens. Si l'anticlinal de Frasnes sépare en théorie la zone libre de Frasnes – Péruwelz – Seneffe et la zone captive de Pecq – Roubaix, il ne constitue pas une barrière hydrogéologique étanche, comme il a parfois été considéré. En effet, à cet endroit, si l'épaisseur des couches aquifères réduit la transmissivité, les deux zones restent néanmoins en continuité hydraulique permettant l'écoulement de l'est vers l'ouest.

L'axe de l'anticlinal de Frasnes se trouve au sud de la carte (sur la planche 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing) (Figure III-3). A l'ouest de cet axe débute la zone de Pecq – Roubaix (Figure IV-1). Cette zone devrait être naturellement captive dans sa quasi-totalité en raison de la présence en couverture de plusieurs dizaines de mètres de terrains très peu perméables du Méso-Cénozoïque (marnes turoniennes et/ou d'argiles thanétiennes). Toutefois, la nappe n'est plus captive car le sommet de l'aquifère est dénoyé sur une importante partie de la superficie. Cette zone est peu réalimentée par l'infiltration des eaux météoriques, sauf dans la région de Tournai, où l'absence de couverture peut entraîner une drainance des nappes superficielles vers les calcaires sous-jacents.

Les formations constituant l'aquifère des calcaires du Dévono-Carbonifère sont, de la plus récente à la plus ancienne :

- la Formation de Pecq pour le Moliniacien (Viséen) ;
- les formations d'Antoing et de Tournai pour l'Ivorien (Tournaisien) ;
- la Formation de Landelies, les membres de Mévergnies et de Feluy de la Formation de la Samme pour l'Hastarien (Tournaisien) ;
- le Membre de Bois de la Rocq de la Formation de la Samme, les formations de Franc-Waret et de Rhisnes pour le Famennien et le Frasnien (Dévonien supérieur).

La Formation de Pecq présente, sous recouvrement méso-cénozoïque, des calcaires crinoïdiques très dolomités (dolomies crinoïdiques). Elle est considérée comme la formation sommitale de l'aquifère des calcaires du Dévono-Carbonifère.

Le Membre de Warchin (de la Formation d'Antoing) est constitué de calcaires plus siliceux. Ce membre est moins aquifère que la Formation de Pecq, mais ils sont tous deux affectés par le karst (voir IV.3.1. Karstification des calcaires du Dévono-Carbonifère).

Les Formations d'Antoing et de Tournai, constituées de calcaires plus argileux, sont beaucoup moins aquifères que la Formation de Pecq.

Les autres formations (Landelies, Samme, Franc-Waret et Rhisnes) présentent des lithologies plus diversifiées : grès, calcaires, dolomie, schistes,...

Vu la présence de la Formation imperméable de l'Orient, il est possible que ces dernières formations ne soient pas en continuité hydraulique avec les Formations de Tournai et d'Antoing et que l'aquifère des calcaires du Dévono-Carbonifère soit compartimenté.

IV.1.5. Intercalation schisteuse des calcaires dévono-carbonifères

La Formation de Pont d'Arcole est constituée principalement de shales (schistes). Vu sa faible épaisseur (15 à 25 mètres), elle ne constitue qu'une intercalation schisteuse au sein de l'aquifère des calcaires du Dévono-Carbonifère. Elle séparerait la Formation de Landelies de celle de la Samme.

IV.1.6. Aquiclude des schistes du Carbonifère

La Formation de l'Orient comporte principalement des schistes et des calcschistes et constitue une barrière peu perméable au sein de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères. En effet, sous cette formation aquiclude se retrouvent d'autres terrains aquifères, de lithologie diverse (grès, calcaires, dolomies) et dont l'âge va du Tournaisien inférieur au Frasnien. En raison de la présence continue des schistes de l'Orient (d'une épaisseur de 25 à 60 mètres) et du manque d'information hydrogéologique pour cette région, il est malaisé de se prononcer sur une éventuelle continuité entre les calcaires sus-jacents et les calcaires sous-jacents.

IV.1.7. Aquiclude de remplissage du Hainaut

La Formation du Hainaut, appartenant au Crétacé inférieur, est constituée de dépôts à caractère continental, d'altération du socle paléozoïque (argile, sable, cailloutis, ...). Cette formation est peu perméable. Les dépôts sont le témoin de la karstification intense des calcaires du Dévono-Carbonifère et semblent jaloner les phénomènes karstiques et les zones de fracturation.

IV.1.8. Aquiclude des marnes du Turonien

L'aquiclude des marnes du Turonien est constitué principalement par les membres de Merlin et de Bruyelle de la Formation du Vert Galand. Il est composé essentiellement de marnes (argiles calcaireuses), argileuses à la base et de plus en plus crayeuses vers le sommet. Lorsque la composante crayeuse est suffisante, les marnes deviennent indurées, fissurées et craquelées. Alors que cette unité était considérée au départ comme peu perméable, certains captages ont montré depuis peu qu'elle pouvait être perméable et productive par endroit (cf. Captage de Jollain – Merlin sur la carte 44/3-4 de Laplaigne – Péruwelz (Roland *et al.*, 2010)). Cela peut avoir une grande importance quant à la continuité hydraulique entre les calcaires dévono-carbonifères et les craies du Crétacé, mais qu'il reste à vérifier. La Figure IV-2 présente l'extension des marnes turoniennes au-dessus de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères.

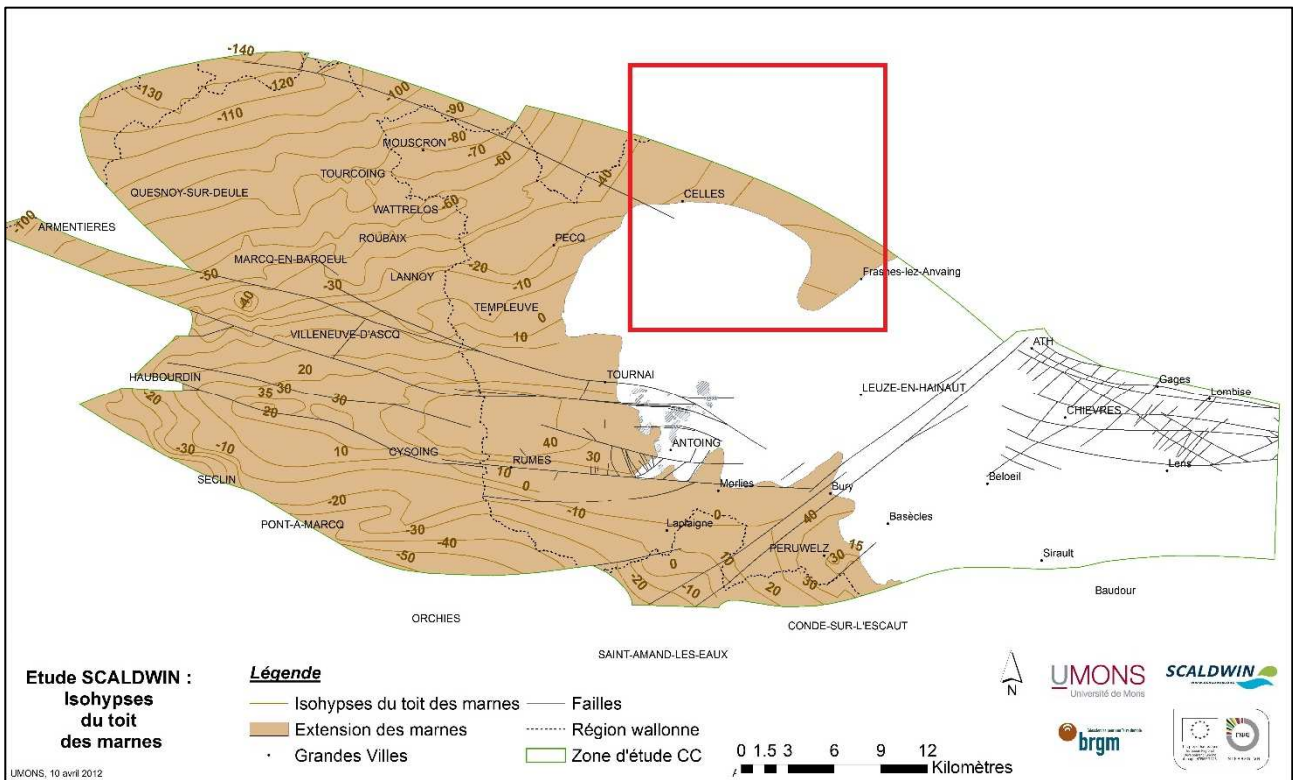


Figure IV-2. Extension des marnes au-dessus de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères (Rorive & Bastien, 2012, modifié)

IV.1.9. Aquifère des craies du Crétacé

La nappe des craies correspond aux formations crayeuses d'Esplechin, de Maisières et de St-Vaast, encadrées par les marnes turoniennes à la base et par les sables du Paléocène au sommet. Sur cette carte, il s'agit d'un aquifère peu épais, une dizaine de mètres maximum à l'extrémité nord-ouest de la feuille (au nord d'Estaimpuis), et recouvert d'une importante couverture cénozoïque. Si elle n'a que peu d'intérêt sur cette carte, cette nappe devient beaucoup plus importante en termes d'exploitation en France (nappe des craies du Bassin de Paris) (Figure IV-3).

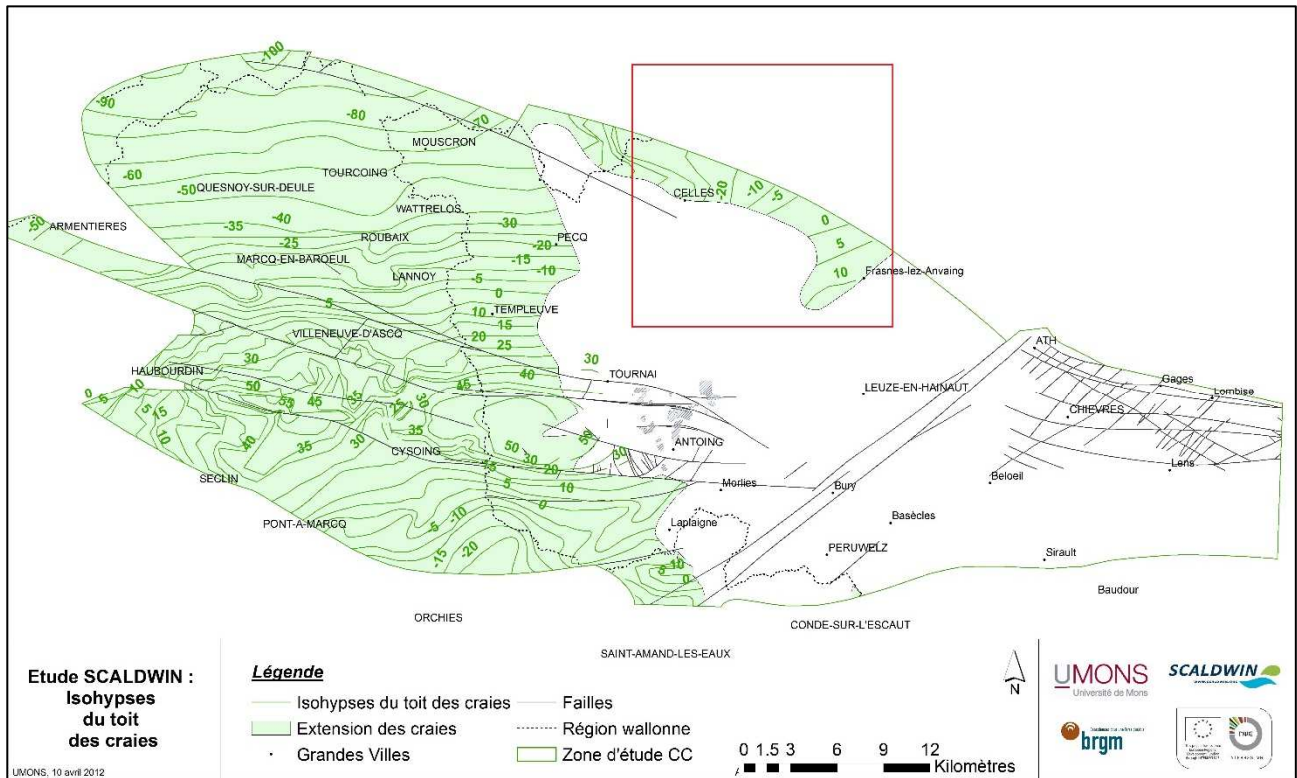


Figure IV-3. Extension et isohypes du toit des craies du Crétacé au-dessus de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères (Rorive & Bastien, 2012)

La craie est un aquifère qui présente une double porosité : une porosité d'interstice et une porosité de fissures. C'est essentiellement la seconde qui confère aux craies leur bonne conductivité hydraulique.

IV.1.10. Aquifères des sables du Paléocène

Cet aquifère reprend les membres sableux (Chercq et Grandglise) de la Formation de Hannut et montre une puissance maximale d'une vingtaine de mètres. En certains endroits, il peut se retrouver en contact avec l'aquifère des alluvions de la vallée de l'Escaut, lorsque la formation argileuse de Kortrijk a été érodée (dans la vallée du Petit Rone, par exemple).

L'extension de cet aquifère est assez grande. Il est repris sous le nom de « sables des Flandres ». Il s'étend vers le nord et l'ouest jusqu'à la côte de la Manche. Vers le sud, l'aquifère descend jusqu'à Lille, où il devient affleurant sur une large et longue bande qui permet la réalimentation de la nappe (voir carte 28/6-7 & 36/2 de Mesen – Wervik & Le Bizet). Dans le Tournaisis, il est présent presque partout sauf dans les vallées qui entaillent la couverture cénozoïque (Figure IV-4).

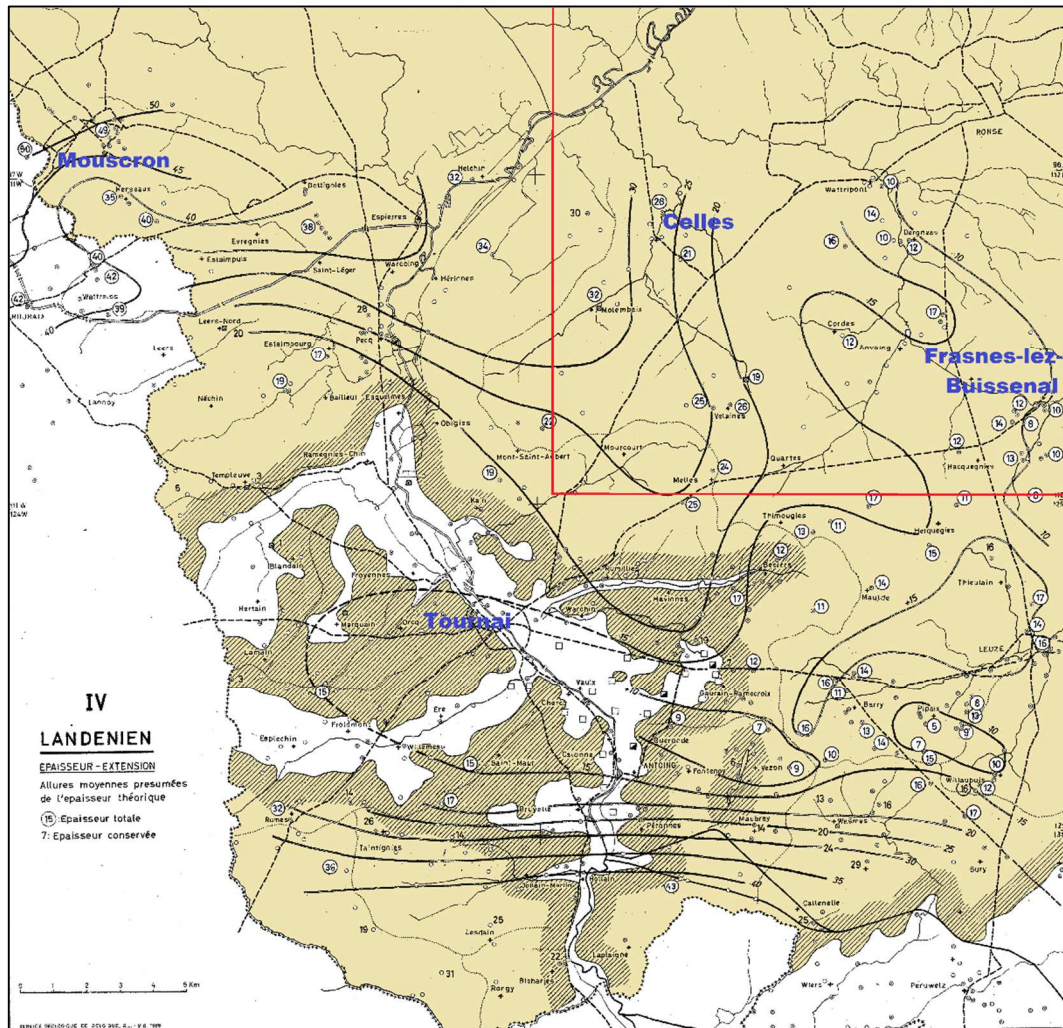


Figure IV-4. Extension et épaisseur de l'aquifère des sables (landeniens) du Paléocène et localisation de la carte Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing, en rouge (Gulinck & Legrand, 1970, modifié)

IV.1.11. Aquiclude – aquitard des argiles de l'Eocène

Les unités à composante argileuse importante sont considérées généralement comme aquiclude, mais lorsque la composante sableuse augmente, elles se transforment alors plutôt en aquitards. L'aquiclude – aquitard des argiles de l'Eocène est représenté par les membres d'Orchies, de Roubaix et d'Aalbeke de la Formation de Kortrijk ainsi que par la Formation de Gentbrugge. Les membres d'Orchies et de Roubaix sont constitués par des argiles lourdes et

plastiques, en alternance avec des silts à sables très fins. C'est le Membre d'Orchies qui a la plus grande extension. En dehors de la plaine de l'Escaut, il recouvre tout le reste de la carte sur une quarantaine de mètres d'épaisseur. Le Membre de Roubaix le surmonte sur les collines et au nord-est de la carte. Ce Membre s'étend à l'ouest (bien visible sur la carte de Mouscron – Zwevegem & Templeuve – Pecq) vers la France et au nord vers la Flandre. Ces deux membres forment ainsi une épaisse couverture peu perméable qui protège les aquifères sous-jacents.

Le Membre d'Aalbeke est séparé des deux membres précédents par celui de Mons-en-Pévèle qui forme un aquifère sableux de 30 mètres d'épaisseur. Le Membre d'Aalbeke est constitué par des argiles lourdes et compactes, très finement silteuses. Il n'affleure qu'au Mont-de-l'Enclus et dans les collines de Frasnes-lez-Anvaing (au nord et nord-est) sur maximum 5 mètres d'épaisseur. Il disparaît vers le sud.

La Formation de Gentbrugge est constituée, à la base, par des argiles puis par des sables fins. Elle est séparée du Membre d'Aalbeke par la Formation de Tielt. Elle est également affleurante, sur une trentaine de mètres d'épaisseur, au Mont-de-l'Enclus et dans les collines de Frasnes-lez-Anvaing.

Les sommets de ces niveaux argileux sont souvent marqués, dans les versants, par un niveau de sources, au contact des sables sur les argiles. Des glissements de terrains affectent assez souvent cette région (voir IV.3.2. Glissements de terrains).

IV.1.12. Aquifère des sables de l'Eocène et aquifère des sables du Miocène

L'aquifère des sables de l'Eocène se compose du Membre de Mons-en-Pévèle de la Formation de Kortrijk (Yprésien), de la Formation de Tielt (Yprésien) et de celle de Lede (Lutétien). Le Membre d'Aalbeke et la Formation de Gentbrugge, argileux, viennent séparer les différents niveaux sableux. De même, les argiles des Membres d'Orchies et de Roubaix de la Formation de Kortrijk séparent hydrauliquement l'aquifère des sables de l'Eocène de l'aquifère des sables thanétiens.

L'aquifère des sables du Miocène est composé de la Formation de Diest. Cet aquifère repose sur les argiles de la Formation de Maldegem.

Ces deux aquifères contiennent des nappes perchées bien individualisées, qui s'observent essentiellement au sommet des collines de la région, et pour cette carte, au sommet des collines du Mont de l'Enclus et de Frasnes-lez-Anvaing. S'ils n'ont pas un grand intérêt en terme d'exploitation, ces aquifères sont le siège de phénomènes géotechniques à surveiller (voir IV.3.2. Glissements de terrains).

IV.1.13. Aquiclude des argiles bartoniennes

L'aquiclude des argiles bartoniennes se compose de la Formation de Maldegem. Elle est présente sur les collines du Mont de l'Enclus et de Frasnes-lez-Anvaing et est représentée par une argile sableuse à compacte, lourde.

IV.1.14. Aquifère alluvial

L'aquifère alluvial reprend les alluvions anciennes du Pléistocène et les alluvions modernes de l'Holocène. Ces alluvions constituent les premières nappes rencontrées dans les vallées. Elles sont essentiellement constituées de dépôts sableux, résultant du comblement de la paléo-vallée de l'Escaut. La nappe superficielle contenue dans les alluvions peut être en relation directe avec les sables thanétiens, lorsque l'épaisse couche d'argiles yprésiennes a été érodée. Dans ce cas, les deux aquifères sont en continuité hydraulique et en intercommunication avec les ruisseaux. La nappe superficielle contenue dans l'aquifère alluvial est vulnérable aux diverses pollutions et au tarissement en période sèche.

IV.1.15. Aquitard limoneux

L'aquitard limoneux est formé de limons siliceux, argileux et calcaires. Présent superficiellement sur toute la carte, il n'est pas représenté sur la carte pour ne pas cacher les formations sous-jacentes. Il est toutefois visible sur la coupe hydrogéologique.

IV.2. DESCRIPTION DE L'HYDROGÉOLOGIE RÉGIONALE

IV.2.1. Généralités

Concernant l'hydrogéologie régionale de la carte de Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing, trois aquifères intéressants sont distingués, correspondant à quatre masses d'eau souterraine* qui les définissent administrativement (Figure IV-5) à savoir :

- l'aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien de la masse d'eau RWE160 du socle du Brabant
- l'aquifère des calcaires du Dévono-Carbonifère des masses d'eau RWE060 des calcaires du Tournaisis et RWE013 des calcaires de Peruwelz – Ath – Soignies ;
- l'aquifère des sables du Paléocène de la masse d'eau RWE061 des sables du Thanétien des Flandres.

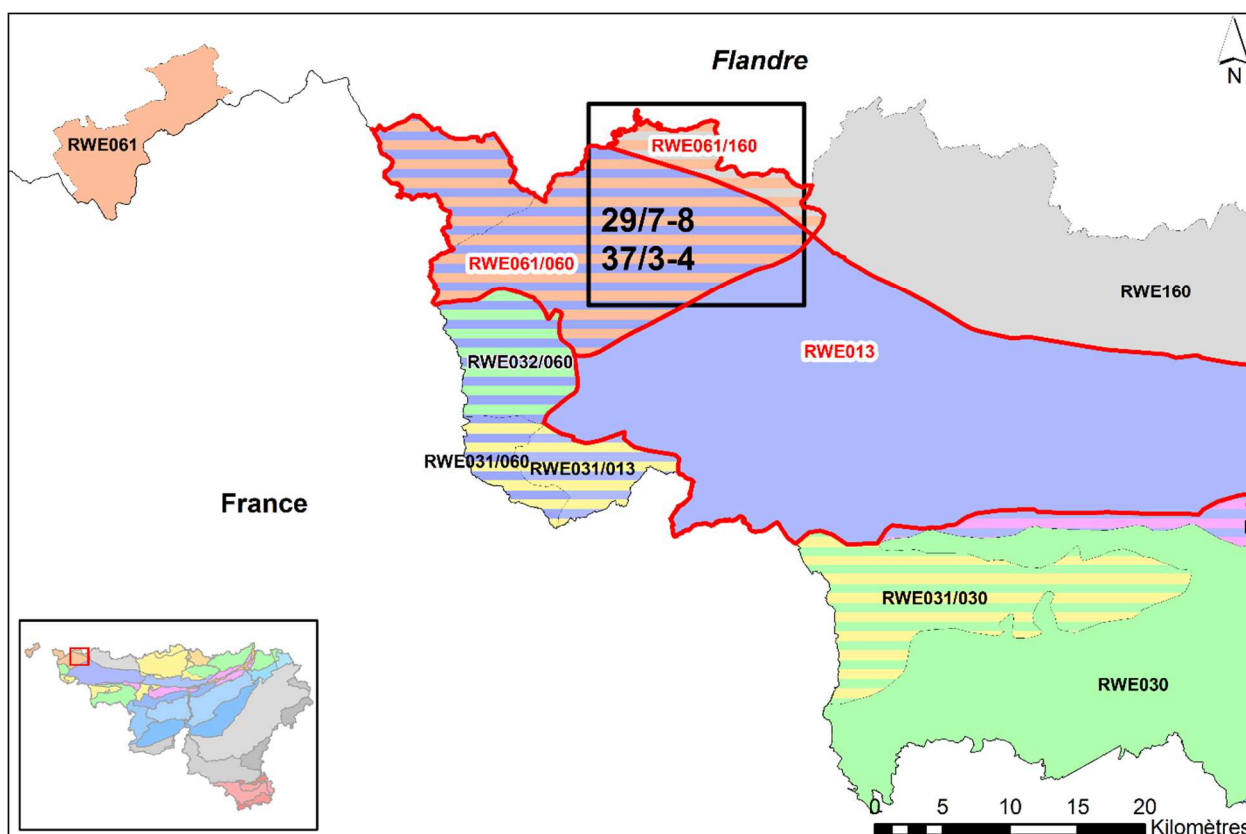


Figure IV-5. Localisation de la carte 29/5-6 Mouscron – Zwevegem & 37/1-2 Templeuve – Pecq par rapport aux masses d'eau RWE061, RWE060 et RWE013 (SPW-DGO 3, 2014)

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

L'aquifère des calcaires du Dévono-Carbonifère est le plus connu et le plus intéressant du fait de son extension et de son grand intérêt économique. Il existe toutefois d'autres nappes qui se développent dans la couverture méso-cénozoïque suite à l'alternance de formations imperméables et de formations perméables.

Les niveaux imperméables sont constitués par les marnes turoniennes (Formation du Vert Galand), les argiles yprésiennes (Membres d'Orchies, de Roubaix et d'Aalbeke de la Formation de Kortrijk), les argiles silteuses de la Formation de Gentbrugge et les argiles bartoniennes (Formation de Maldegem).

Les niveaux potentiellement aquifères sont les craies du Turonien supérieur et Coniacien (formations d'Esplechin et de Maisières), les sables du Thanétien (Membres de Chercq et de Grandglise de la Formation de Hannut), les sables de l'Eocène (Membre de Mons-en-Pévèle de la Formation de Kortrijk, les Formations de Tielt et de Lede), les sables du Miocène (Formation de Diest) et enfin les limons et alluvions quaternaires.

Parmi ces niveaux aquifères, seuls les sables thanétiens sont susceptibles de receler une nappe importante dans le Tournaisis. Les craies aquifères, très exploitées en France (vu l'épaisseur plus importante), le sont beaucoup moins dans le Tournaisis.

IV.2.1.1. L'aquifère des calcaires dévono-carbonifères

L'aquifère des calcaires dévono-carbonifères concerne, dans cette région, les masses d'eau souterraine RWE060 des calcaires du Tournaisis et RWE013 des calcaires de Peruwelz – Ath – Soignies. La limite administrative entre les deux masses d'eau correspond approximativement à l'anticlinal de Frasnes. Cette limite sépare les deux régions calcaires dans lesquelles les régimes d'exploitations et la gestion des ressources en eau sont différents.

Dans son ensemble, depuis Namur à l'est, jusqu'à la frontière française à l'ouest, la nappe des calcaires du Dévono-Carbonifère présente un écoulement d'orientation générale E-O. Toutefois, à proximité des zones où les rivières comme la Sennette, la Senne et la Petite Dendre sont drainantes, les écoulements présentent une composante vers le nord, c'est-à-dire dans la direction de l'écoulement du réseau hydrographique qui draine la nappe. De même, les eaux auront aussi tendance à converger vers les exutoires artificiels comme les puits de production et les carrières. Ces zones se remarquent aisément par des isopièzes fermées (Rorive & Bastien, 2012).

Avant la révolution industrielle, le niveau piézométrique de la nappe des calcaires du Dévono-Carbonifère devait s'équilibrer avec celui des plaines alluviales des rivières dans

l'ensemble du Tournaisis. A cette époque, l'écoulement de la nappe se faisait essentiellement vers l'Escaut le long duquel de nombreuses émergences existaient en aval de Tournai.

Depuis le début du XX^{ème} siècle, la nappe des calcaires du Dévono-Carbonifère a fait l'objet d'une intense exploitation dans le Tournaisis et la région de Lille – Roubaix. Au nord de Tournai, au sein du synclinal de Roubaix, les niveaux piézométriques ont baissé de manière importante. Un abaissement progressif du niveau piézométrique de l'ordre d'un mètre par an était enregistré avant 1955 (Vergari, 1997). Dans la région de Mouscron, ils se situent actuellement sous le niveau de la mer vers la cote - 60 mètres, soit de l'ordre de 80 mètres sous le niveau d'équilibre initial. Cette baisse des niveaux piézométriques a commencé à se faire sentir nettement dans le nord du Tournaisis vers 1930. L'Escaut s'est retrouvé progressivement perchée par rapport au niveau de la nappe et a perdu son rôle d'exutoire naturel de l'aquifère au nord de Tournai.

La Figure IV-6 présente l'allure de la surface piézométrique tracée en octobre 2010 dans le cadre du projet Interreg IVB-NWE « ScaldWIN » (Rorive & Bastien, 2012).

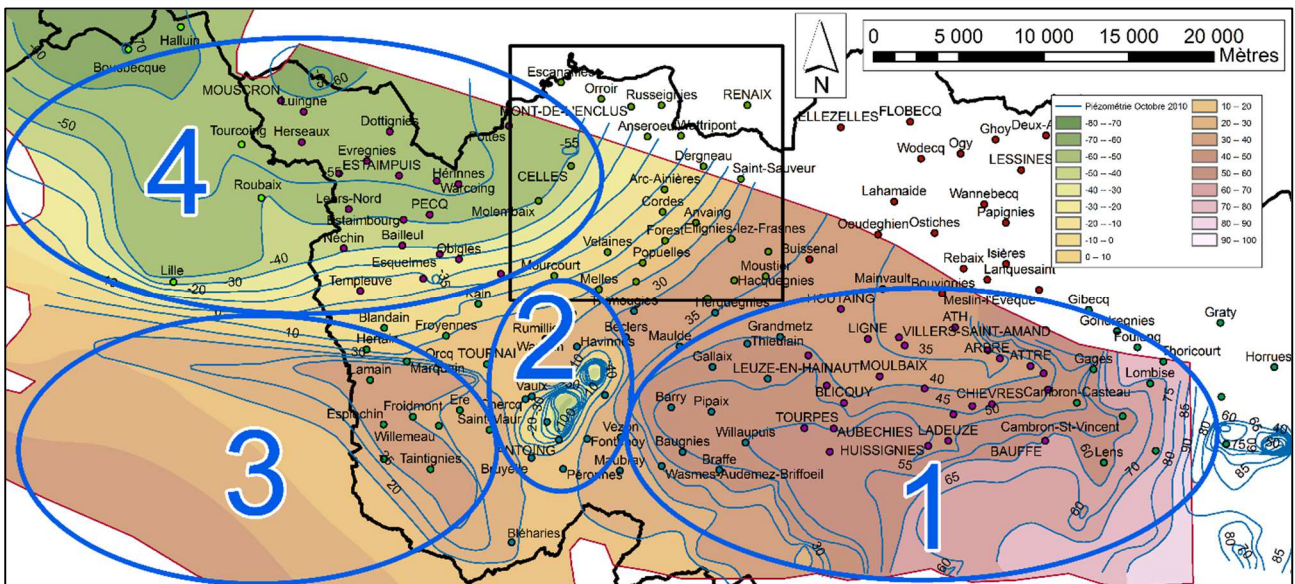


Figure IV-6. Carte piézométrique de la nappe des calcaires dévono-carbonifères dans la partie ouest du Tournaisis (Octobre 2010) (Rorive & Bastien, 2012, modifié)

Quatre secteurs (Rorive & Bastien, 2012) se dégagent :

1. Le secteur est (Leuze – Tourpes – Bauffe – Lens) : La nappe a un régime hydraulique libre ou semi-libre. La recharge s'effectue principalement par l'infiltration des eaux météoriques. La nappe est globalement à l'équilibre. Les eaux souterraines s'écoulent du centre de cette zone vers le nord-ouest et les zones surexploitées ou vers les cours d'eau qui leur servent d'exutoires naturels.

2. Le secteur centre (au sud-est de Tournai) : L'exhaure des carrières provoquent des rabattements importants (jusqu'à -50 mètres). En première approximation, le rayon d'influence de cette exhaure est de l'ordre de 5 km autour des carrières.
3. Le secteur sud-ouest (entre Lille et Bléharies) : La remontée des calcschistes, couche peu perméable, dans le Horst du Tournaisis suivant un axe est-ouest Lille – Tournai, semble séparer les secteurs sud et nord de l'aquifère. Au sud du Horst, la piézométrie est soulignée par un dôme (20 à 30 mètres d'altitude). A partir de ce dôme, les écoulements se font vers le sud-ouest et vers la France, vers le sud-est et vers l'Escaut, drainant.
4. Le secteur nord (entre Tournai et Halluin) : A partir de la région de Tournai, les écoulements sont dirigés vers le nord-ouest, où la surexploitation historique de la nappe a abaissé très fortement le niveau piézométrique (niveaux d'eau les plus bas : -74,7 mètres à Bousbecque et -65 mètres à Mouscron).

En conclusion, la majorité des écoulements s'effectue suivant un sens est-ouest, depuis la Belgique où l'aquifère est en régime libre, jusqu'en France où il est captif. Au sud de Lille, un compartiment du Carbonifère apparaît comme faiblement connecté au reste de l'aquifère, du fait du relèvement des calcschistes de l'Orient, peu perméables, dans le Horst du Tournaisis. Les zones d'exploitation (carrières du Tournaisis, captages de Roubaix et de Mouscron, captages de Spiere Helkijn en région flamande) représentent actuellement les points bas de l'aquifère et régissent une grande partie de l'écoulement à l'échelle régionale.

En ce qui concerne l'alimentation de la nappe des calcaires du Dévono-Carbonifère, celle-ci se fait essentiellement selon deux modalités :

- l'infiltration des eaux météoriques dans la zone est où les calcaires affleurent ou sont recouverts par une couverture perméable ou semi-perméable (sables thanétiens, limons et alluvions quaternaires) ;
- la drainance dans les zones où le socle paléozoïque est surmonté par des formations peu perméables (marnes turoniennes), à l'ouest.

Contrairement à la zone de Frasnes – Péruwelz – Seneffe, la zone de Pecq – Roubaix est peu réalimentée par drainance des terrains supérieurs. Cette drainance est limitée par les marnes turoniennes peu perméables.

IV.2.1.2. L'aquifère des craies du Crétacé

Les craies de la carte Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing font partie de la nappe des craies du Bassin de Paris dont la grande partie est située en France.

Globalement, la nappe des craies est abondamment exploitée en France et y constitue une ressource importante en eau potable. Sur la carte, la nappe est peu épaisse (inférieure à 20 mètres), absente dans la partie sud, peu productive et est située sous une épaisse couverture cénozoïque argilo-sableuse. Son accès est dès lors limité. Il n'a pas été possible d'en tracer une piézométrie.

Sur la carte Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing, il n'existe aucun ouvrage implanté dans l'aquifère des craies du Crétacé.

IV.2.1.3. Rôle de l'aquiclude des marnes turoniennes

Jusqu'il y a peu, les marnes du Turonien étaient considérées comme imperméables et aquicludes, formant une barrière hydrogéologique entre l'aquifère des craies du Crétacé et l'aquifère des calcaires du Dévono-Carbonifère. Toutefois, des marnes perméables et productives ont été rencontrées dans le Tournaisis (captages de la SWDE à Jollain-Merlin (carte 44/3-4 Laplaigne – Peruwelz (Roland *et al.*, 2010)), sondages piézométriques (forés dans le cadre du projet Interreg IVB-NWE « ScaldWIN »). Certains affleurements indiquent également que les marnes peuvent être localement indurées, fissurées et craquelées (tranchées du TGV, carrière du Cornet, au sud de Tournai).

Une relation hydraulique entre l'aquifère des craies du Crétacé et l'aquifère des calcaires du Dévono-Carbonifère pourrait donc être possible en certains endroits.

IV.2.1.4. L'aquifère des sables du Paléocène

L'aquifère des sables du Paléocène de la carte Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing fait partie de la masse d'eau RWE061 des sables des Flandres.

Pour rappel, l'aquifère des sables du Paléocène (et non la masse d'eau RWE061 limitée administrativement à la Wallonie) s'étend vers le nord et le sud. Il est affleurant sur une large et longue bande qui permet la réalimentation de la nappe.

IV.2.2. Piézométrie de la carte 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing

La carte principale au 1/25 000 du poster A0 donne des indications sur la piézométrie (isopièzes et/ou cotes ponctuelles) de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères (en rouge), de l'aquifère des sables du Paléocène (cotes ponctuelles en bleu), de l'aquiclude – aquitard des argiles de l'Eocène (cotes ponctuelles en brun), l'aquifère des sables de l'Eocène (cotes ponctuelles en vert) et de l'aquifère alluvial (cotes ponctuelles en gris). La piézométrie de ces différentes unités est décrite ci-dessous.

IV.2.2.1. Piézométrie de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères

Dans le cadre du projet Interreg « ScaldWIN », une campagne piézométrique a été réalisée en octobre 2010. La zone d'étude du projet comprenait 290 ouvrages implantés dans les calcaires dévono-carbonifères. Ce réseau de mesure a permis le tracé d'une carte piézométrique commune franco-belge (Figure IV-6) (Rorive & Bastien, 2012). Un extrait de cette carte piézométrique a été repris sur la carte principale du poster A0 et est présentée à la Figure IV-7.

La piézométrie de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères montre un écoulement globalement sud-est – nord-ouest. Les gradients hydrauliques sont réguliers sur toute la carte sauf au sud-est où il est moins resserré.

Les fluctuations piézométriques mesurées en différents points de la nappe sont illustrées par les graphiques des Figure IV-8 et Figure IV-9. La localisation des différents ouvrages suivis est reprise sur la Figure IV-7.

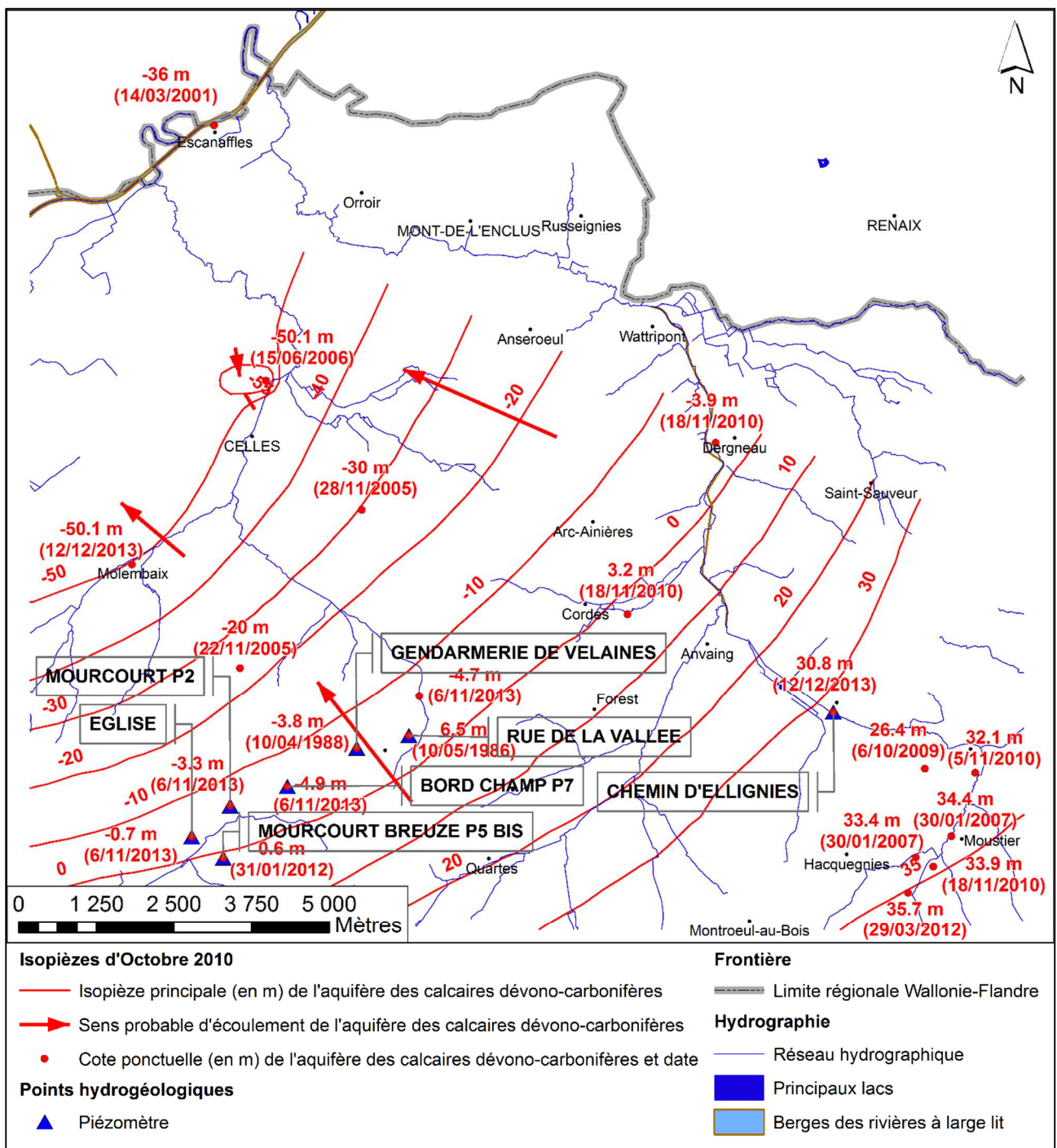


Figure IV-7. Piézométrie (octobre 2010) de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères et localisation des ouvrages suivis

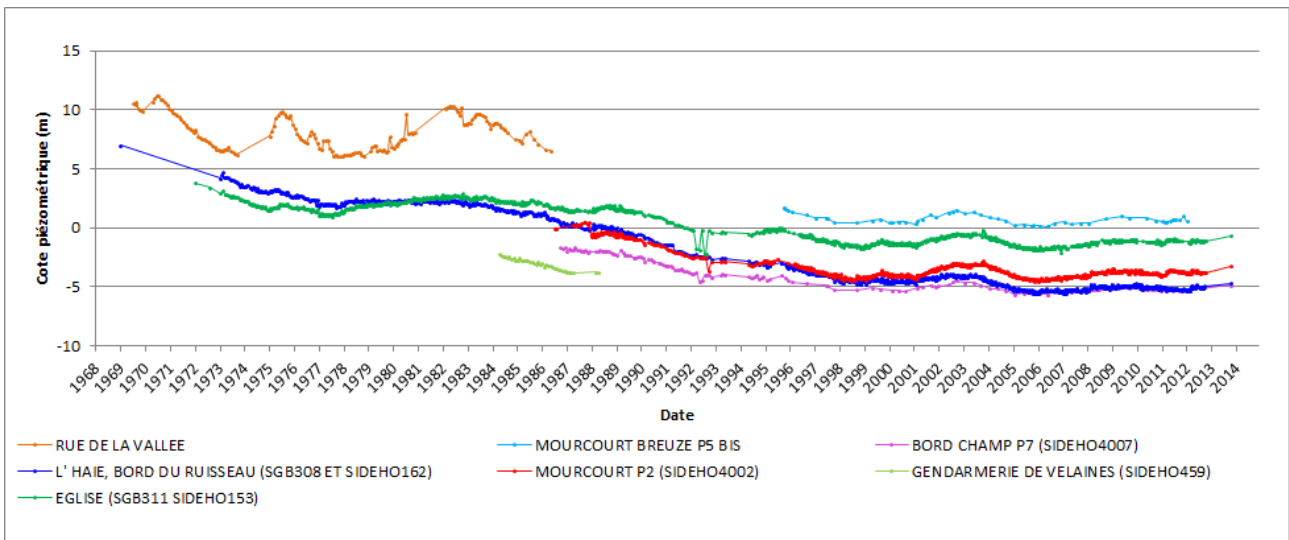


Figure IV-8. Evolutions piézométriques dans sept ouvrages sollicitant l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères (zone de Pecq – Roubaix)

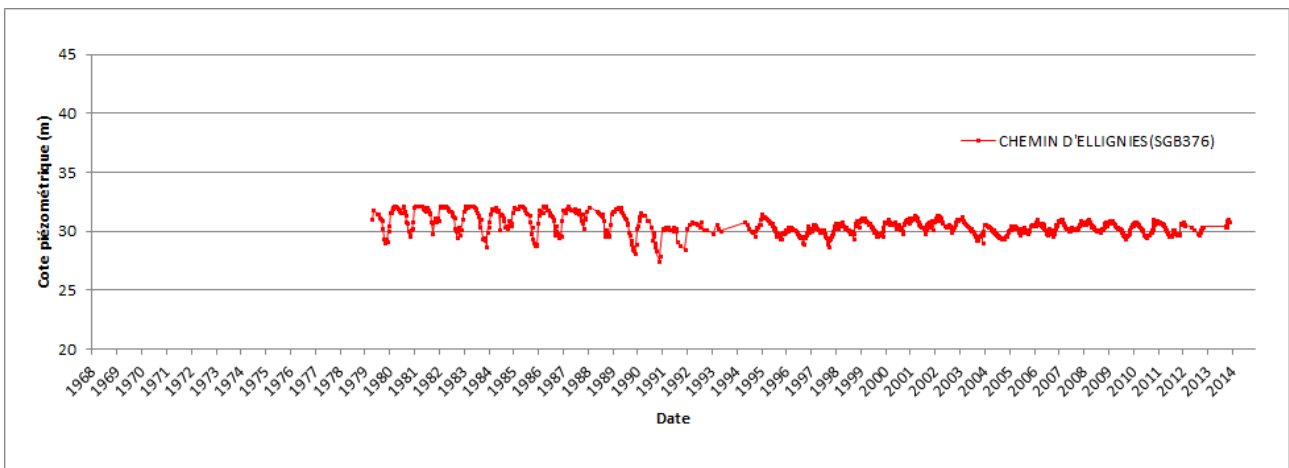


Figure IV-9. Evolutions piézométriques dans un ouvrage sollicitant l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères (zone de Frasnes – Peruwelz – Seneffe)

Les graphiques de la Figure IV-8 montrent l'évolution piézométrique dans différents ouvrages situés dans la zone de Pecq – Roubaix. Il est possible d'observer :

- Entre 1968 et 1977, une baisse générale du niveau d'eau de l'ordre de cinq de mètres ;
- En 1977, un évènement majeur provoque une remontée du niveau de l'eau dans les calcaires. Cet évènement, correspondant à la perte de l'Escaut dans les calcaires sous l'effet de phénomènes karstiques (puits naturels), se marque très bien sur les enregistrements piézométriques en différents endroits de la carte, mais surtout sur la carte voisine Mouscron – Zvevegem & Templeuve – Pecq ;
- De 1979-1980 jusqu'en 2000, le niveau piézométrique baisse à nouveau, de manière régulière (environ 50 cm par an) ;

- A la suite de la mise en place du projet de la Transhennuyère* en 2002, le niveau d'eau s'est stabilisé jusqu'en 2014 avec quelques fluctuations de quelques mètres maximum.

La Figure IV-9 présente l'évolution piézométrique d'un ouvrage « Chemin d'Ellignies » situé aussi dans l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères, mais dans la zone de Frasnes – Peruwelz – Seneffe (situé de l'autre côté de l'anticlinal de Frasnes par rapport à la zone de Pecq – Roubaix (Figure III-3 et Figure IV-1). Dans cet ouvrage, la piézométrie est beaucoup plus stable dans le temps, elle varie toujours autour de la cote 30 mètres. Des variations annuelles de quelques mètres sont observées : hautes eaux en hiver - printemps et basses eaux en été - automne.

IV.2.2.2. Piézométrie de la couverture cénozoïque et quaternaire

La Figure IV-10 donne les différentes cotes piézométriques mesurées dans différents ouvrages implantés dans les terrains de couverture surmontant les calcaires dévono-carbonifères. Cette couverture est constituée de l'aquifère des sables du Paléocène, de l'aquiclude – aquitard de l'Eocène, de l'aquifère des sables de l'Eocène et de l'aquifère alluvial, pour les principaux.

Les cotes mesurées dans l'aquifère des sables du Paléocène sont les plus basses, comprises entre 14 et 45 mètres. Cet aquifère pouvant être en continuité hydraulique avec l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères lorsque les marnes turoniennes sont absentes. Dans ce cas, les cotes piézométriques des deux aquifères peuvent s'équilibrer.

Dans l'aquiclude – aquitard des argiles de l'Eocène, les cotes sont généralement proches de la surface du sol et sont beaucoup plus élevées que dans les aquifères sous-jacents (sables paléocènes et calcaires dévono-carbonifères).

Enfin, l'aquifère des sables de l'Eocène est visible uniquement sur les collines du Mont de l'Enclus et de Frasnes-lez-Anvaing et se trouve en alternance avec les argiles de l'Eocène. Cet aquifère contient des nappes perchées, facilement identifiables par les niveaux de sources à la surface de contact avec les argiles. Les cotes piézométriques sont les plus élevées.

* Cet aquifère étant surexploité, le projet « Transhennuyère » a été mis en place par la SWDE et a été effectif en 2001. Son but est de réduire le déficit de la nappe dans la zone de Pecq – Roubaix. Il consiste principalement à valoriser une partie de l'eau d'exhaure des grandes carrières de calcaire de la région, situées sur la carte 37/7-8 Antoing – Leuze. Il s'agit de la carrière d'Antoing (anciennement carrière de Cimescaut), de la carrière du Milieu et de la Carrière Lemay. La potabilisation de ces eaux industrielles nécessite un mélange avec de l'eau souterraine provenant de la nappe de Peruwelz – Seneffe (5 puits de distribution) ainsi qu'un traitement de potabilisation et d'adoucissement. Le volume produit annuellement depuis la mise en service en 2001 est de l'ordre de 7 millions de m³.

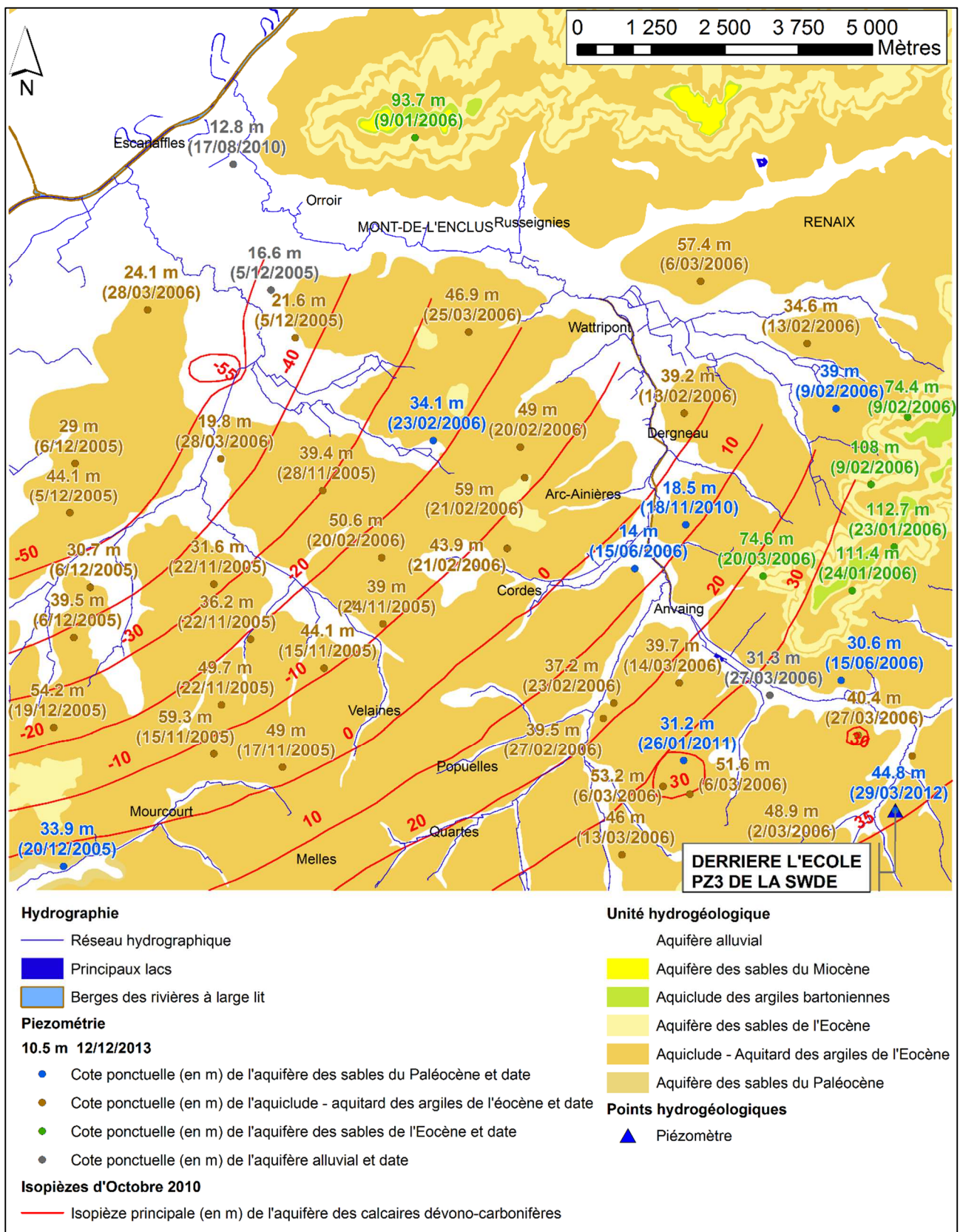


Figure IV-10. Cotes piézométriques ponctuelles dans la couverture cénozoïque en comparaison avec les isopièzes des calcaires dévono-carbonifères et localisation de l'ouvrage suivi

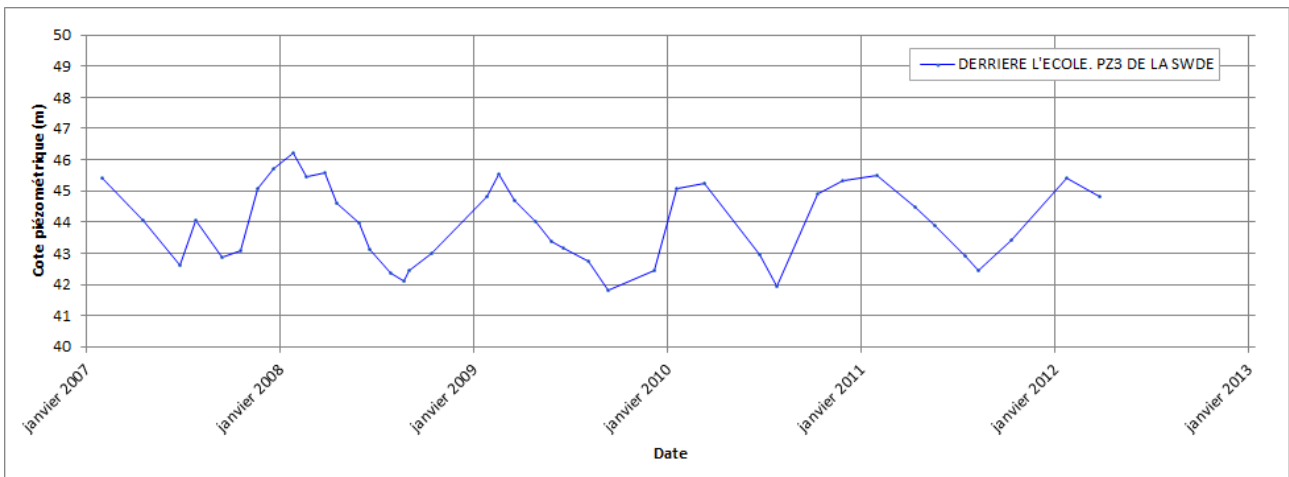


Figure IV-11. Evolution piézométrique dans un piézomètre implanté dans l'aquifère des sables du Paléocène

La Figure IV-11 montre l'évolution piézométrique dans un des piézomètres de la SWDE du site d'Hacquegnies, implanté dans les sables du Paléocène. Le niveau de l'eau varie entre 42 et 46 mètres. Les variations sont annuelles.

IV.3. PHÉNOMÈNES PARTICULIERS

IV.3.1. Karstification des calcaires du Dévono-Carbonifère

La circulation de l'eau dans les fractures des roches a permis la dissolution du calcaire et l'élargissement des fissures. Ce phénomène de karstification semble généralisé dans la nappe des calcaires du Dévono-Carbonifère dans le Tournaisis et lui confère, par ailleurs, une bonne à très bonne perméabilité d'ensemble.

La karstification du calcaire se présente sous plusieurs formes, plus ou moins marquées et localisées :

- les grottes et conduits karstiques (aussi appelé endokarsts), développés principalement dans les fractures sous un régime de détente tectonique ;
- les karsts sous couverture ou cryptodolines ;
- les puits naturels.

Ces derniers sont très connus, car leurs effets par effondrement soudain du sol sont souvent spectaculaires. Leur genèse est la suivante :

1. L'endokarst préexistant doit avoir été érodé lors des périodes continentales, avant de se faire recouvrir par les différents terrains méso-cénozoïques lors des phases de transgression. La couverture se trouve de la sorte en communication directe avec le calcaire fracturé.
2. Le niveau de la nappe baisse, entraînant un déséquilibre qui déclenche le soutirage progressif des matériaux comblant le réseau karstique et la création de vides. Cette baisse de niveau des eaux dans la région est due à la surexploitation de la nappe ou, un peu plus au sud, à l'exhaure des grandes carrières du Tournaisis.
3. Le vide ainsi créé remonte progressivement vers la surface sous un phénomène de fontis, jusqu'à percer la surface avec effondrement brutal du sol.
4. Les zones les plus favorables à la formation de puits naturels sont les zones d'infiltration des eaux de surface ou des nappes superficielles vers l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères.

Il y a peu de puits naturels sur la carte Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing. Toutefois, ceux-ci ont été très nombreux au sud de la carte voisine (29/5-6 & 37/1-2 Mouscron – Zwevegem & Templeuve – Pecq). La plus grande concentration de ces phénomènes se trouve en effet dans la région de Kain (au nord-est de la carte 37/5-6 Hertain – Tournai (Bougard *et al.*, 2009)), endroit où les marnes turoniennes ont été totalement érodées sous les terrains

quaternaires. Seules les alluvions récentes maintiennent l'Escaut dans son lit. En janvier 1977, de nombreux puits naturels se sont ouverts, perçant le lit de l'Escaut, provoquant une intrusion directe des eaux de surface dans la nappe des calcaires dévono-carbonifères et une remontée du niveau des eaux, observable sur la Figure IV-8, en 1977 et les années suivantes.

IV.3.2. Glissements de terrains

Parmi les collines présentes sur la carte, certaines présentent des versants à pente assez raide, pouvant être le siège de glissements de terrain. Le sommet de ces collines est constitué d'une épaisse couche sableuse, reposant sur des niveaux plus argileux. Lors de périodes à forte pluviosité, quand les sables sont saturés en eau, les couches plus imperméables servent de surface de drainage vers les versants, où l'eau sort sous forme de sources. Ces niveaux peuvent devenir instables et les sables saturés en eau glissent sur les argiles sous-jacentes, sous forme de lentilles de glissement. Ils doivent être pris en considération pour la stabilité des ouvrages et des constructions. Le contact « sable / argile » est particulièrement à surveiller.

IV.3.3. Aléa retrait-gonflement des argiles

Les phénomènes de retrait-gonflement des argiles de certains terrains argileux provoquent des tassements différentiels qui se manifestent par des désordres géotechniques. Ces phénomènes apparaissent lors de sécheresses estivales exceptionnelles. Ils sont dus pour l'essentiel à des variations de volume des formations argileuses sous l'effet de l'évolution de la teneur en eau (Barchi *et al.*, 2006). Les variations de volumes sont spécifiques de certains matériaux argileux dit « gonflants », en particulier ceux appartenant au groupe des smectites et certains minéraux argileux interstratifiés (vermiculites et certaines chlorites).

Sur la carte de Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing, les membres d'Orchies et de Roubaix de la Formation de Kortrijk (KOR) sont susceptibles de présenter ce risque. Ils peuvent contenir une forte proportion de smectite et de minéraux interstratifiés. Mais il faut toutefois relativiser ce phénomène, car les argiles de la Formation de Kortrijk sont recouvertes de plusieurs mètres de limons éoliens qui sont moins influencés par ce phénomène.

IV.4. COUPES HYDROGÉOLOGIQUES

Afin de mieux visualiser et de mieux comprendre la structure géologique et le comportement hydrogéologique des différentes unités présentes sur la carte d'Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing, une coupe hydrogéologique a été insérée dans le poster A0 joint à cette notice. Cette coupe A – A' a été tracée selon un axe NNO – SSE. L'échelle verticale a été exagérée d'un facteur 10, ce qui permet de mettre en évidence les structures influençant l'hydrogéologie locale. Le trait de coupe commence au nord dans la Plaine de l'Escaut, coupe la colline du Mont de l'Enclus, passe près d'Amougies, Anseroeul, Arc-Ainières, Cordes, Forest et se termine à Montroeuil-au-Bois.

Cette coupe est calée sur la coupe géologique a – a' tracées par Vanneste & Hennebert en 2005 (Carte Géologique de Wallonie). Elle montre la géologie (structure et lithologie) et l'hydrogéologie (unités hydrogéologiques et coupes de la surface piézométrique) de la zone cartographiée. La coupe, issue de la carte géologique, a été corrigée. En effet, la couche des marnes du Turonien est absente au sud de la carte et se termine en biseau dans la région d'Arc-Ainières.

La coupe A – A' montre la couverture méso-cénozoïque reposant sur les calcaires dévono-carbonifères au sud et le socle du Massif du Barbant au nord. Il est possible d'observer l'alternance des sables (aquifère) et des argiles (aquiclude) sur la colline du Mont-de-l'Enclus.

Le niveau piézométrique de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères (Octobre 2010) issu du projet ScaldWIN (Rorive & Bastien, 2012) est reporté sur la coupe. Il se trouve au niveau du toit des calcaires, parfois au-dessus.

IV.5. CARACTÈRE DE COUVERTURE DES NAPPES

Sur la « carte des informations complémentaires et des caractères de couverture des nappes »* au 1/50 000 sur le poster A0 joint à cette notice, figurent les caractères perméable, imperméable et/ou semi-perméable de la couverture des nappes.

La couverture des nappes pour la carte Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing a été définie comme peu perméable par rapport à la nappe principale du socle, à savoir celle des calcaires dévono-carbonifères et celle du socle cambro-silurien. En effet, les terrains paléozoïques se retrouvent sous une épaisse couche de couverture, composée essentiellement de marnes (du Turonien) et d'argiles (de l'Eocène).

L'aquifère des sables éocènes et celui du Miocène, visibles au sommet des hautes collines, sont à l'affleurement. L'aquifère des alluvions peut également être considéré à l'affleurement mais il se retrouve toutefois en grande partie sous une couche limoneuse, non cartographiée, et dont l'épaisseur est très variable. Ces aquifères sont considérés comme libres.

L'aquifère des sables du Paléocène est généralement sous couverture peu perméable des argiles de l'Eocène. Toutefois, au sud-ouest de la carte, dans la vallée de La Melle, cet aquifère peut se retrouver à l'affleurement, la couverture argileuse étant entaillée par le cours d'eau.

L'aquifère des craies du Crétacé, quand il est présent, est en continuité hydraulique avec l'aquifère des sables du Paléocène. Son extension, tant en surface qu'en épaisseur, est toutefois limitée.

IV.6. ISOHYPSES

L'aquifère des calcaires dévono-carbonifères occupe la partie méridionale de la carte. Il est limité stratigraphiquement au sommet par les marnes turoniennes. Les isohypses du toit de cet aquifère sont figurées en rouge sur la « carte des isohypses de la base et du toit des aquifères » au 1/50 000 sur le poster A0 joint à cette notice. Les isohypses montrent que le sommet du socle paléozoïque s'abaisse du sud-est (+20 mètres) vers l'ouest (-65 mètres). Les isohypses de la base n'ont pu être établies en raison de l'épaisseur considérable de cet aquifère des calcaires dévono-carbonifères, entraînant en conséquence que peu de sondages ont atteint la base des calcaires.

Les isohypses du toit de l'aquiclude des marnes du Turonien sont aussi figurées en vert sur la carte. Etant tirée de l'étude « ScaldWIN », l'extension figurée sur la carte des marnes et des

* La « carte des informations complémentaires et des caractères de couverture des nappes » présente le caractère de la couverture 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, digraphie) ainsi que d'autres informations complémentaires, entre autre, les zones de prospection géophysiques.

craies est ici limitée à l'extension nord des calcaires. En réalité, elles s'étendent plus au nord sans être cartographiée sur la carte. Les marnes reposent sur le socle paléozoïque. Elles sont présentes uniquement au nord et nord-est de la carte (Figure IV-2). Comme le sommet du socle paléozoïque, le toit de l'aquiclude des marnes s'abaisse du sud-est (0 mètre) vers le nord-ouest (-40 mètres). En comparant les isohypses du toit du socle et celles du toit des marnes, on en déduit l'épaisseur de cette couche : globalement, au sud-est, les marnes sont quasi absentes, à l'ouest, l'épaisseur peut atteindre environ 10 mètres.

Les isohypses du toit de l'aquifère des craies du Crétacé sont figurées en bleu sur la même carte. Les craies sont présentes dans la même zone que les marnes. Le toit de l'aquifère des craies passe de la cote +10 mètres au sud-est à la cote -40 mètres à l'ouest. L'épaisseur des craies est difficile à estimer. En effet, dans les descriptions des sondages, le passage des craies aux marnes est progressif et la limite entre les deux est parfois difficile à déterminer de façon précise.

IV.7. CARACTERE DES NAPPES

Sur la « carte des isohypses de la base et du toit des aquifères » au 1/50 000 sur le poster A0 joint à cette notice, le caractère libre et/ou captif de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères est également représenté. Cette information est obtenue par croisement entre les isohypses du toit de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères et les isopièzes (tracées suivant les relevés d'octobre 2010) dans cet aquifère, dans la zone où les marnes turoniennes sont présentes. Quand l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères est captif, le niveau piézométrique est plus haut que le toit des calcaires et l'aquifère se retrouve sous pression sous l'aquiclude des marnes du Turonien. En zone libre, la couverture marneuse est absente. L'aquifère des calcaires dévono-carbonifères est en continuité hydraulique avec l'aquifère des sables du Paléocène. La nappe est libre sous la couverture des argiles de l'Eocène.

V. CADRE HYDROCHIMIQUE

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

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

V.1. CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

V.1.1. Aquifère des calcaires dévono-carbonifères

De nombreuses données hydrochimiques existent pour cet aquifère. Le Tableau V-1 présente les analyses chimiques des eaux pour deux puits de la SWDE et d'un puits de De Watergroep, respectivement : « Camp Raby P3 » de 126 mètres de profondeur, situé au nord de Celles, « Moustier P1 » de 33 mètres de profondeur, situé entre Hacquegnies et Moustier, et « Wattripont » de profondeur inconnue, situé à Wattripont. Les analyses datent de 2012 pour les ouvrages de la SWDE et de 2008 pour le puits de De Watergroep. Lorsque certains paramètres sont manquants, des valeurs antérieures (2008, 2004 ou 1992) sont données à titre indicatif. Les valeurs seuil RW du Code de l'eau* sont également données dans les différents tableaux présentés.

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

Tableau V-1. Analyse chimique de trois puits de la SWDE et de De Watergroep exploitant l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères et valeurs seuil RW du Code de l'Eau

Analyses. Unités et Valeurs Seuil RW		Ouvrage			
			Camps Raby P3 03/12/2012	Moustier P1 19/12/2012	Wattripont 19/05/2008
pH	unités pH	6,5 à 9,45	7,27	7,21	7,14
Conductivité	µS/cm à 20°C	2500	787	715	972
Turbidité	NTU	4	0,3	0,2	11
Dureté totale	° français	67,5	44,3	41,3	51,6
Oxygène dissous (in-situ)	mg/l O ₂		- (10,8 le 22/1/08)	- (2,83 le 28/1/04)	- (9,6 le 4/3/92)
Alcalinité totale (TAC)	° français		- (35,5 le 21/10/08)	- (37 le 20/11/08)	41
Aluminium	µg/l Al	200	4	2	< 6
Calcium	mg/l Ca	270	127,1	125,9	138,5
Magnésium	mg/l Mg	50	30,4	24	41,2
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	0,29	0,21	0,36
Manganèse	µg/l Mn	50	48,2	53,5	37
Sodium	mg/l Na	200	20,4	9,6	28,1
Potassium	mg/l K		12,6	4,3	18,6
Fer (sur filtré 0,4 µ)	µg/l Fe	200	775	809	708
Sulfates	mg/l SO ₄	250	104,2	48,3	140,8
Chlorures	mg/l Cl	250	31,2	20,6	51,2
Nitrates	mg/l NO ₃	50 ⁽¹⁾	LQ	LQ	LQ
Nitrites	mg/l NO ₂	0,5	LQ	LQ	LQ
Silice	mg/l SiO ₂		- (8,1 le 21/10/08)	- (6,9 le 20/11/08)	12,3
Oxydabilité (KMnO ₄)	mg/l O ₂	5	- (0,45 le 23/3/04)	- (0,73 le 28/1/04)	0,98

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

Tableau V-2. Analyse chimique de deux ouvrages exploitant l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères et valeurs seuil RW du Code de l'Eau

Analyses. Unités et Valeurs Seuil RW		Ouvrage		
			Mourcourt Breuze P5 bis 28/01/2013	P1 Puits situé dans la cave 19/09/2012
pH	unités pH	6,5 à 9,45	7,06	7,3
Conductivité	µS/cm à 20°C	2500	638	1060
Turbidité	NTU	4	< 1	25
Dureté totale	° français	67,5	39,9	55
Oxygène dissous (in-situ)	mg/l O ₂		< 0,1	5,7
Alcalinité totale (TAC)	° français		35,4	41
Aluminium	µg/l Al	200	< 20	< 10
Calcium	mg/l Ca	270	123	140
Magnésium	mg/l Mg	50	22	50
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	1,37	0,43
Manganèse	µg/l Mn	50	55	48
Sodium	mg/l Na	200	9,2	19
Potassium	mg/l K		5,1	21
Fer (sur filtré 0,4 µ)	µg/l Fe	200	-	1400
Fer (extractible)	µg/l Fe	200	3160	-
Sulfates	mg/l SO ₄	250	27	130
Chlorures	mg/l Cl	250	20	37
Nitrates	mg/l NO ₃	50 ⁽¹⁾	< 0,1	LQ
Nitrites	mg/l NO ₂	0,5	LQ ⁽²⁾	LQ
Silice	mg/l SiO ₂		16	24
Oxydabilité (KMnO ₄)	mg/l O ₂	5	1,7	< 0,5

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

Le Tableau V-2 présente les analyses chimiques des eaux pour deux autres ouvrages : « Mourcourt Breuze P5 bis » de 91 mètres de profondeur, situé au sud-est de Mourcourt et « P1 puits situé dans la cave » (appartenant à Soder SA) de 90 mètres de profondeur, situé à l'ouest de Dergneau. Les analyses datent de 2012 et de 2013.

L'eau de la nappe des calcaires carbonifères est de type bicarbonaté calcique. Elle présente une minéralisation importante : la conductivité est toujours supérieure à 600 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et pouvant même dépasser les 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Le pH est neutre à légèrement alcalin, ce qui est normal dans un aquifère calcaire. L'eau est très dure ; la valeur élevée de la dureté de ces eaux est liée à la concentration en calcium comprise entre 120 et 140 mg/l. Les eaux sont très ferrugineuses et manganifères. Le fer et le manganèse sont présents naturellement dans les sols. Ils proviennent en grande partie de l'altération des roches et peuvent se retrouver dissous dans les eaux souterraines à des concentrations très variables. Les hautes teneurs en ces deux éléments impliquent souvent un traitement de déferrisation et de démanganisation préalable des eaux. Les concentrations en nitrates sont faibles à nulles.

L'oxydabilité au permanganate de potassium est un paramètre qui met en évidence la demande chimique en oxygène. C'est une image de la présence d'ions et de matières organiques pouvant être oxydées. Parmi les résultats disponibles présentés ici, cette demande chimique est faible (bien inférieure à 1). La turbidité, représentant les particules (argiles, limons, matières organiques, colloïdes) en suspension dans l'eau, est généralement faible. Elle peut parfois dépasser la valeur seuil.

V.1.2. Aquiclude – aquitard des argiles de l’Eocène

Le Tableau V-3 présente les valeurs chimiques de la source « Fontaine de l’Etang Saint Martin » située entre Melles et Velaines. L’analyse date de 2013 avec quelques valeurs antérieures de 2011.

Tableau V-3. Analyse chimique de la source « Fontaine de l’Etang Saint Martin » et valeurs seuil RW du Code de l’Eau

Ouvrage			Fontaine de l’Etang Saint Martin 12/02/2013
Analyses, Unités et Valeurs Seuil RW			
pH	unités pH	6,5 à 9,45	7,02
Conductivité	µS/cm à 20°C	2500	924
Turbidité	NTU	4	1,36
Dureté totale	° français	67,5	56,7
Oxygène dissous (in-situ)	mg/l O ₂		6,03
Alcalinité totale (TAC)	° français		35,8
Aluminium	µg/l Al	200	- (< 20 le 3/10/11)
Calcium	mg/l Ca	270	189
Magnésium	mg/l Mg	50	23
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	LQ ⁽²⁾
Manganèse	µg/l Mn	50	- (< 1 le 3/10/11)
Sodium	mg/l Na	200	16,1
Potassium	mg/l K		1,6
Fer (sur filtré 0,4 µ)	µg/l Fe	200	6
Fer (extractible)	µg/l Fe	200	14
Sulfates	mg/l SO ₄	250	130
Chlorures	mg/l Cl	250	38
Nitrates	mg/l NO ₃	50 ⁽¹⁾	33
Nitrites	mg/l NO ₂	0,5	LQ
Silice	mg/l SiO ₂		- (< 1 le 3/10/11)
Oxydabilité (KMnO₄)	mg/l O ₂	5	< 0,9

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

L’eau de l’aquiclude – aquitard des argiles de l’Eocène possède une minéralisation importante (conductivité supérieure à 900 µS/cm) et une dureté très élevée (56 °F). La concentration en calcium est plus importante que dans l’aquifère des calcaires dévono-carbonifères.

La turbidité est moyenne à faible. Les concentrations en fer et manganèse sont faibles. La teneur en nitrates est moyenne et reste en-deçà de la norme de qualité européenne. L’eau est de bonne qualité physico-chimique globalement.

V.1.3. Aquifère alluvial

Le Tableau V-4 présente des analyses chimiques de deux ouvrages implantés dans l'aquifère alluvial : à Escanaffles, dans la plaine de l'Escaut, le puits « Escanaffles Rejet du Rhones » de 10 mètres de profondeur et entre Celles et Arc-Ainières, le puits « Coq d'Agache » de 4 mètres de profondeur. Les analyses chimiques datent de 2013 et 2011.

Tableau V-4. Analyse chimique de deux puits implantés dans l'aquifère alluvial et valeurs seuil RW du Code de l'Eau

Analyses, Unités et Valeurs Seuil RW		Ouvrage		
			Escanaffles Rejet de Rhones 11/02/2013	Coq d'Agache 11/02/2013 (02/08/2011)
pH	unités pH	6,5 à 9,45	7,23	7,17 (7,15)
Conductivité	µS/cm à 20°C	2500	1143	928 (895)
Turbidité	NTU	4	1,49	< 1 (< 1)
Dureté totale	° français	67,5	57,1	- (49,7)
Oxygène dissous (in-situ)	mg/l O ₂		4,35	2,76 (7,5)
Alcalinité totale (TAC)	° français		30,3	- (32,2)
Aluminium	µg/l Al	200	- (< 20 le 2/8/11)	- (< 20)
Calcium	mg/l Ca	270	200	- (169)
Magnésium	mg/l Mg	50	17,4	- (18,6)
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	0,11	LQ (1,34)
Manganèse	µg/l Mn	50	- (259 le 2/8/11)	- (16,9)
Sodium	mg/l Na	200	51	- (18,3)
Potassium	mg/l K		6,1	5 (8,4)
Fer (sur filtré 0,4 µ)	µg/l Fe	200	- (7 le 2/8/11)	- (< 5)
Fer (extractible)	µg/l Fe	200	- (35 le 2/8/11)	- (11)
Sulfates	mg/l SO ₄	250	190	- (110)
Chlorures	mg/l Cl	250	74	- (50)
Nitrates	mg/l NO ₃	50 ⁽¹⁾	125	33 (31)
Nitrites	mg/l NO ₂	0,5	0,035	LQ (LQ)
Silice	mg/l SiO ₂		- (26 le 2/8/11)	- (12)
Oxydabilité (KMnO₄)	mg/l O ₂	5	2	2,3 (1,2)

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

La conductivité est élevée : elle dépasse généralement les 900 µS/cm. La dureté est élevée (environ entre 50 et 60° F). La concentration en calcium est plus élevée et celle en magnésium est plus faible que dans les deux autres unités hydrogéologiques.

Les teneurs en fer sont faibles. La concentration en manganèse dépasse fortement la valeur seuil dans le puits « Escanaffles Rejet du Rhones ». La turbidité est moyenne à faible. La teneur en nitrate est moyenne dans le puits (Coq d'Agache) et est très élevée, au-delà de la norme de qualité européenne de 50 mg/l, dans le puits d'Escanaffles.

V.2. PROBLÉMATIQUE DES NITRATES

Les nitrates font, depuis plusieurs années, l'objet de contrôles réguliers de la part des sociétés de distribution d'eau. La norme européenne est de 50 mg de nitrates (NO₃) par litre d'eau au maximum. Pour protéger les eaux de surface et souterraines de la pollution par les nitrates, six « zones vulnérables » ont été désignées par arrêtés ministériels (Figure V-1). Depuis novembre 2012, certaines zones ont été revues et étendues (Pays de Herve et Sud Namurois). Cette désignation implique l'application d'un programme d'action précis dont les mesures ont été arrêtées dans le Programme de Gestion Durable de l'Azote en agriculture (PGDA)*. Un réseau de surveillance mis en place par le SPW permet de suivre les teneurs en nitrates et d'évaluer de manière cohérente et complète l'état des ressources en eau souterraines (SPW-DGO 3, 2014).

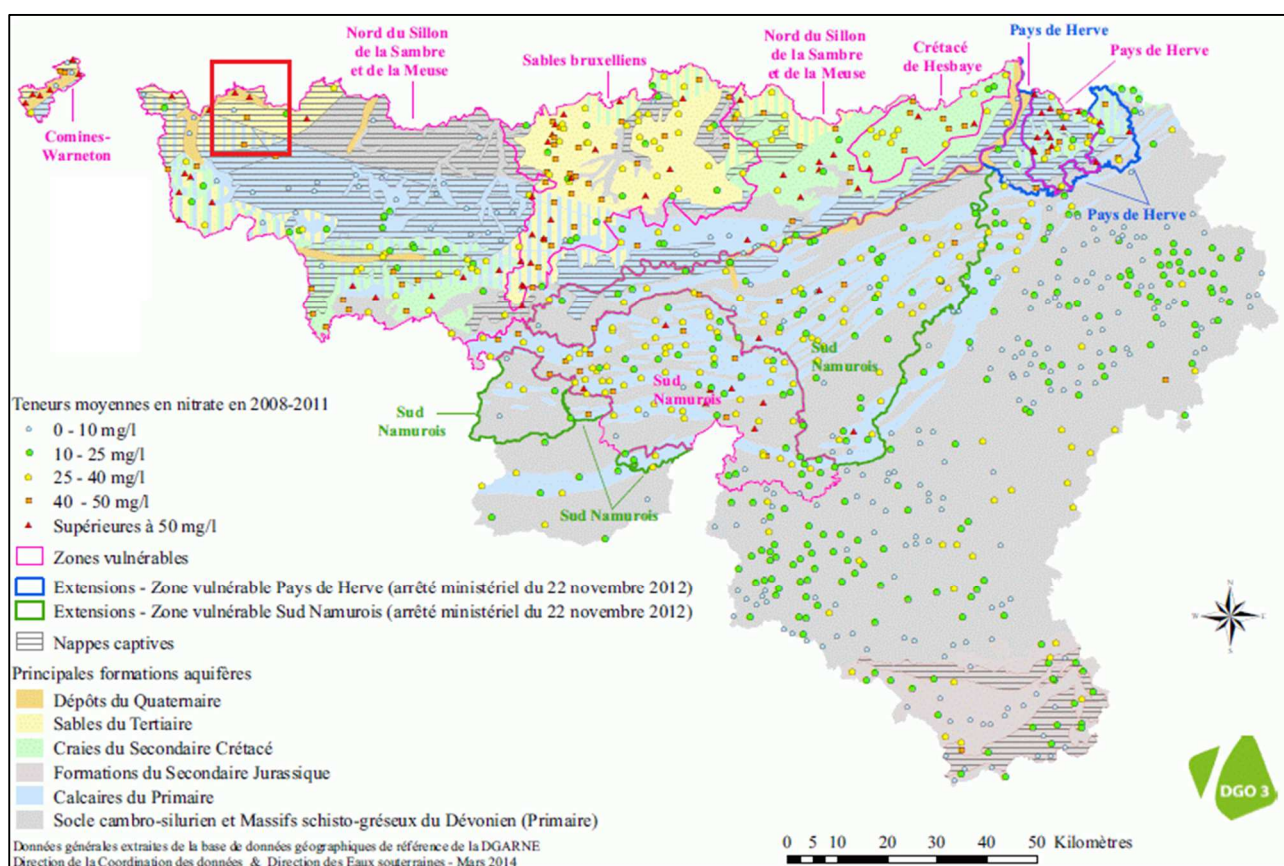


Figure V-1. Zones vulnérables aux nitrates arrêtées en Wallonie (SPW-DGO 3, 2014) et localisation de la carte 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing

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

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

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

Dans les tableaux présentés dans la partie V.1. Caractéristiques hydrochimiques des eaux, les teneurs en nitrate varient fortement selon que l'unité hydrogéologique soit située en surface ou en profondeur, protégé par une couverture argileuse. Sur le graphique de la Figure V-2, il est possible d'observer :

- l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères (en bleu) présente des concentrations en nitrates très faibles. Cela s'explique par la présence de la couverture argileuse qui protège l'aquifère sous-jacent des pollutions aux nitrates notamment ;
- l'aquifère des sables du Paléocène (en vert) présente des teneurs moyennes et non négligeables qui restent toutefois en-dessous de la norme de qualité. Les sables paléocènes sont affleurants en certains endroits et ne sont pas protégés par la couverture des argiles de l'Eocène ;
- l'aquiclude – aquitard des argiles de l'Eocène (en orange), qui constitue la couverture imperméable des aquifères sous-jacents, présente des concentrations en nitrates supérieures à la norme des 50 mg/l mais en diminution depuis 2006 ;
- l'aquifère alluvial, superficiel et vulnérable, présente globalement des valeurs moyennes à élevées, pouvant dépasser la norme de qualité européenne.

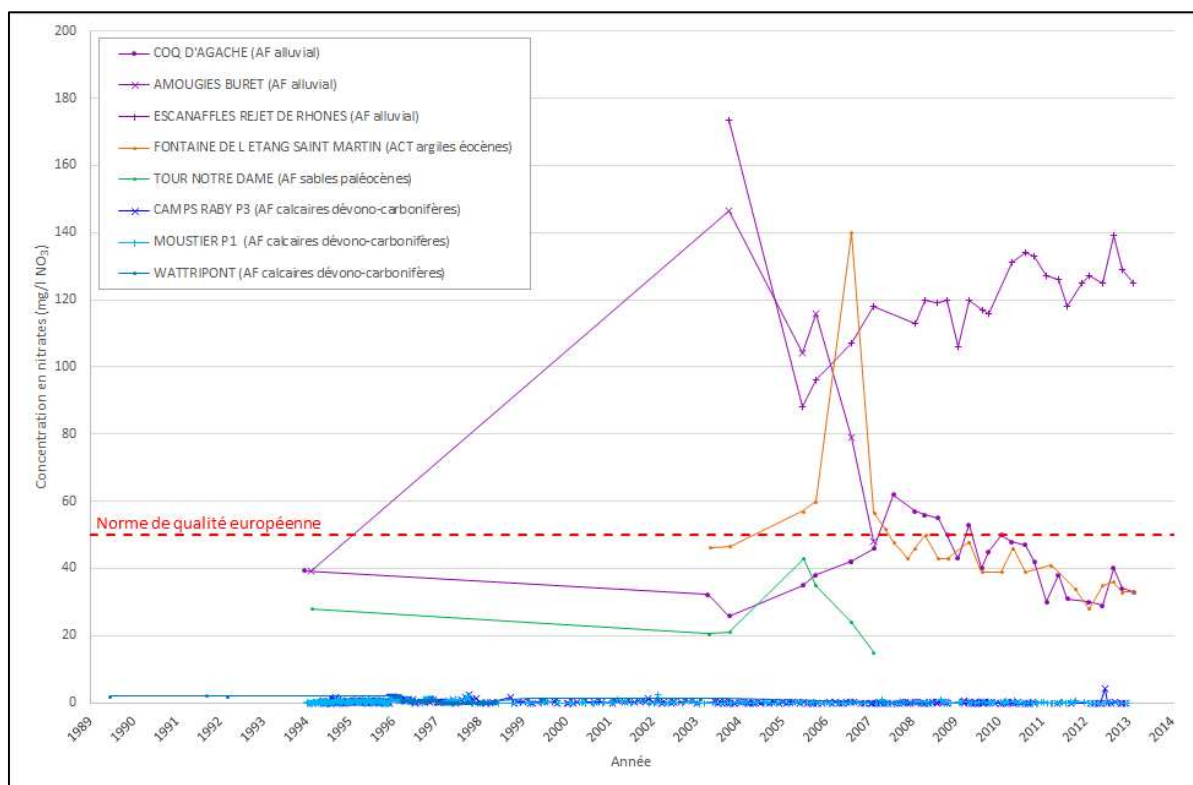


Figure V-2. Evolution de la concentration en nitrates dans les ouvrages implantés dans l'aquifère alluvial, l'aquiclude – aquitard des argiles de l'Eocène, l'aquifère des sables du Paléocène et dans l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères

La totalité de la carte est répertoriée dans la zone vulnérable « Nord Sillon de la Sambre et de la Meuse ».

Par ailleurs, depuis le 1^{er} janvier 2007, l'entièreté de la Flandre est désignée comme « zone vulnérable aux nitrates » dans le cadre de la Directive européenne « Nitrates ». Pour plus d'informations sur les zones vulnérables aux nitrates en Flandre, consultez le site internet DOV*. La carte 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing est ainsi entièrement couverte par ces zones (voir carte des informations complémentaires sur le poster A0 joint à cette notice).

* <https://dov.vlaanderen.be>

V.3. QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE

La qualité bactériologique des eaux prélevées dans les ouvrages sollicitant l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères est généralement bonne. Aucune bactérie n'est observée sauf quelques germes totaux (Tableau V-5). Les eaux prélevées dans les ouvrages « Fontaine de l'Etang Saint Martin » (sollicitant l'aquiclude – aquitard des argiles de l'Eocène), « Escanaffles Rejet de Rhones » et « Coq d'Agache » (sollicitant l'aquifère alluvial) ne sont pas de bonnes qualité bactériologique. Les analyses montrent la présence de coliformes totaux, d'Escherichia Coli, d'entérocoques et de germes totaux après incubations à 22 et 36°C (Tableau V-6). Ces eaux de couverture sont beaucoup plus vulnérables. Si la présence générale de germes non pathogènes nécessite partout un traitement de chloration préalable, un assainissement de l'environnement immédiat du site de captage est à envisager, avec notamment un intérêt particulier sur la présence de puits perdus et sur l'épandage de lisier.

Tableau V-5. Analyse bactériologique des puits « Camps Raby P2 » (SWDE), « Hacquegnies P2 » (SWDE), « Wattripont » (De Watergroep) et « P1 puits situé dans la cave » (Soder SA) et valeurs seuil RW du Code de l'Eau

Ouvrages		Valeurs Seuil	Camps Raby P2	Hacquegnies P2	Wattripont	P1 puits situé dans la cave
Date			03/12/2012	15/10/2012	19/5/2008	19/09/2012
Clostridia perfringens	Nbre/100ml	0	- (0 le 5/11/12)	- (0 le 24/9/12)	0	-
Clostridia sulfito-réducteurs	Nbre/20ml	0	-	- (0 le 27/5/94)	- (0 le 4/3/92)	-
Coliformes fécaux	Nbre/100ml	0	- (0 le 24/11/08)	-(0 le 25/11/2008)	0	-
Coliformes totaux	Nbre/100ml	0	0	0	0	0
Entérocoques	Nbre/100ml	0	0	0	0	0
Escherichia Coli	Nbre 100ml	0	0	0	0	0
Germes totaux à 22°C	Nbre/ml		3	0	0	16
Germes totaux à 36°C	Nbre/ml		- (18 le 5/11/12)	- (6 le 24/9/2012)	0	-
Streptocoques fécaux	Nbre 100ml	0	-	- (0 le 27/5/94)	- (0 le 4/3/92)	-

Tableau V-6. Analyse bactériologique des puits « Fontaine de l'Etang saint Martin » (aquiclude – aquitard des argiles de l'Eocène), « Escanaffles Rejet de Rhones » et « Coq d'Agache » (aquifère alluvial) et valeurs seuil RW du Code de l'Eau

Ouvrages		Valeurs Seuil	Fontaine de l'Etang Saint Martin	Escanaffles Rejet de Rhones	Coq d'Agache
			ACT argiles éocènes	Aquifère alluvial	
Date			03/10/2011	02/08/2011	11/02/2013
Coliformes totaux	Nbre/100ml	0	34	4	140
Entérocoques	Nbre/100ml	0	1	0	90
Escherichia Coli	Nbre 100ml	0	2	0	24
Germes totaux à 22°C	Nbre/ml		162	28600	- (5100 le 30/1/12)
Germes totaux à 36°C	Nbre/ml				1500

V.4. AUTRES PARAMÈTRES

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

Pour tous les ouvrages sur lesquels ont été effectuées des analyses chimiques, aucun dépassement des valeurs seuils n'a été constaté. Des concentrations non négligeables en bentazone ont été observées en quelques endroits de l'aquifères des calcaires dévono-carbonifères. Dans l'aquiclude – aquitard des argiles de l'Eocène et dans l'aquifère alluvial, des concentrations élevées, mais en diminution avec le temps en atrazine et en ses métabolites ont été constatées.

VI. EXPLOITATION DES AQUIFÈRES

Sur la carte thématique de Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing « Carte des volumes prélevés » au 1/50 000, tous les ouvrages recensés et existants en août 2014 ont été reportés sans distinction de nature (puits, piézomètres, puits sur galerie par gravité, sources, ...). Un symbolisme différent est attribué selon la nappe dans laquelle est établi l'ouvrage. Sa couleur correspond à celle de l'aquifère atteint.

Pour les ouvrages de prise d'eau dont le débit est connu, des pastilles rouges (pour les sociétés de distribution d'eau) ou vertes (pour les industriels ou particuliers) de diamètre proportionnel au débit prélevé ont été utilisées comme indicateur. Les données représentées par des pastilles pleines sont les dernières disponibles et datent de l'année 2012.

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

L'exploitation d'une prise d'eau souterraine est soumise à de nombreux aléas et donc, peut être variable. Les contraintes techniques de l'ouvrage, l'activité économique liée à ce captage, et l'évolution des conditions hydrogéologiques de la nappe sollicitée, peuvent perturber les capacités de production. La présentation des volumes moyens prélevés sur la « Carte des volumes prélevés » correspond à la moyenne des cinq dernières années (2008-2012) (basés sur les déclarations des titulaires de prise d'eau). Ces volumes moyens prélevés sont symbolisés par des cercles de couleur bleue (diamètre proportionnel au débit prélevé). Ils illustrent de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la carte étudiée. Ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni de l'exploitation réelle des nappes. Elles reflètent simplement l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées. Parmi ces dernières, il se peut que certaines d'entre elles soient restées sans prélèvement pendant plusieurs années.

La principale unité hydrogéologique exploitée est l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères. Sur la carte Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing, un peu plus de 2 791 000 m³ d'eau ont été prélevés en 2012, toutes unités hydrogéologiques confondues. La quantité d'eau prélevée dans l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères s'élève à 2 623 000 m³ en 2012, soit 94% du volume total de la carte.

VI.1. EXPLOITATION DE L'AQUIFERE DES CALCAIRES DEVONO-CARBONIFERES

VI.1.1. Société de distribution publique d'eau potable

L'eau de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères est exploitée par deux producteurs principaux : la SWDE (sites d'Hacquegnies et de Camps Raby) et De Watergroep (site de Watripont).

Les Figure VI-1 à Figure VI-3 donnent les historiques de prélèvements des différents sites de captage. Les prélèvements effectués sur le site de Camps Raby restent globalement stables dans le temps et ne dépassent pas les 800 000 m³/an (Figure VI-1).

Les volumes prélevés sur le site d'Hacquegnies sont globalement en augmentation depuis 1960. Le captage « Hacquegnies P2 » a été mis en service en 1966 et depuis, les volumes sont répartis entre les deux puits du site (Figure VI-2).

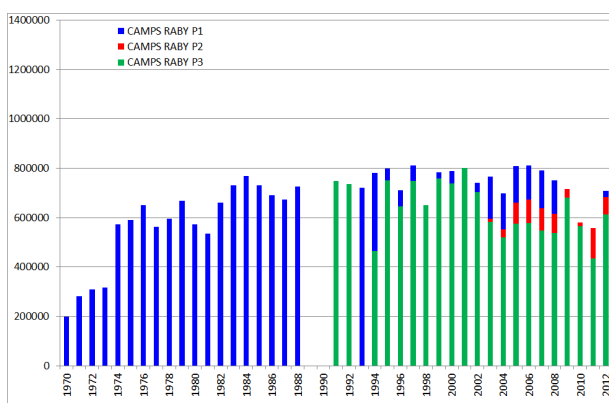


Figure VI-1. Volumes prélevés (m³) sur le site de Camps Raby (SWDE)

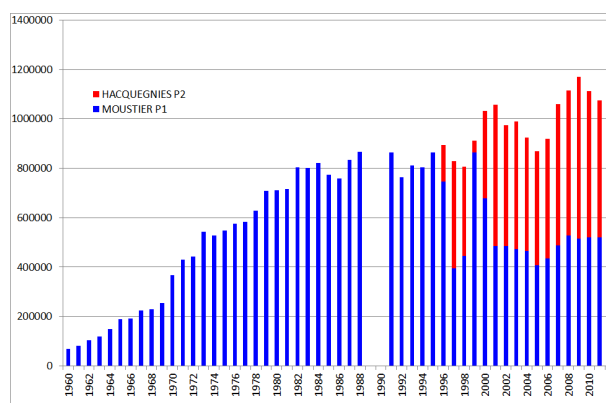


Figure VI-2. Volumes prélevés (m³) sur le site d'Hacquegnies (SWDE)

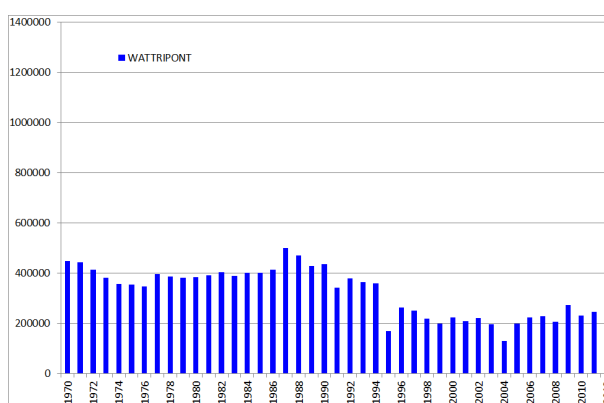


Figure VI-3. Volumes prélevés (m³) sur le site de Watripont (De Watergroep)

Enfin, sur le site de Watripont, De Watergroep a prélevé environ 400 000 m³/an jusqu'en 1994. Depuis, il prélève environ 200 000 m³/an (Figure VI-3).

Le Tableau VI-1 donne les volumes prélevés par les différents ouvrages. Depuis 2008, le site d'Hacquegnies de la SWDE est le plus productif en terme de volumes d'eau prélevés.

Tableau VI-1. Volumes prélevés en 2012 et volumes moyens prélevés entre 2008 et 2012 par les captages de la SWDE et de De Watergroep

Société de distribution d'eau publique	Nom de l'ouvrage	Volume prélevé (m³) en 2012	Volume moyen prélevé (m³/an) entre 2008 et 2012
SWDE	Camps Raby P1	69 670	64 340
	Camps Raby P2	26 128	81 809
	Camps Raby P3	613 113	566 001
	Total : 709 211	Total : 712 250	
SWDE	Moustier P1	526 942	521 900
	Hacquegnies P2	515 004	580 810
	Total : 1 041 946	Total : 1 102 710	
De Watergroep	Watripont	222 725	235 555

VI.1.2. Entreprises et particuliers

Le volume total prélevé et déclaré en 2012 dans les calcaires dévono-carbonifères par les entreprises et les particuliers s'élèvent à 649 421 m³. Il existe peu d'entreprises actives sur la carte d'Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing. Les deux plus importantes sont Soder SA (société de prélèvement d'eau pour les domaines du textile et de la teinturerie) et Rosier SA (société de fabrication d'engrais). En 2012, Soder SA et Rosier SA ont prélevé respectivement 558 674 m³ (soit 86% du volume total) et 86 309 m³ (soit 13% du volume total). Les volumes moyens prélevés entre 2008 et 2012 sont de 555 918 m³/an et 78 513 m³/an respectivement.

La Figure VI-4 présente l'historique de prélèvement de la société Soder SA. Cette société exploite de manière variable. En 1992, le volume prélevé est monté à presque 1 400 000 m³. C'est le maximum qui a été prélevé sur le site. Depuis les volumes sont en diminution.

Jusqu'à sa fermeture en 2004, la sucrerie de Frasnes-lez-Anvaing prélevait de grande quantité d'eau. La Figure VI-5 présente l'historique de prélèvement de cette ancienne sucrerie.

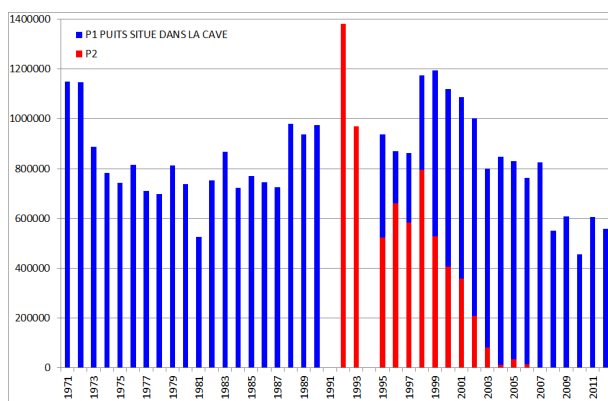


Figure VI-4. Volumes prélevés (m³) sur P1 et P2 à Dergneau (Soder SA)

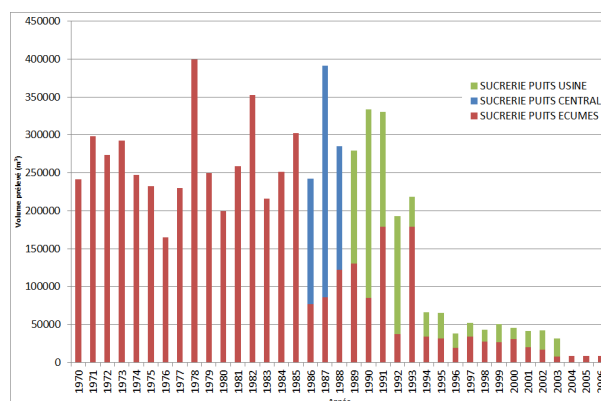


Figure VI-5. Historique de prélèvement de l'ancienne sucrerie de Frasnes-lez-Anvaing

VII. PARAMÈTRES D'ÉCOULEMENT

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

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

La transmissivité T , exprimée en [m²/s] : est la propriété d'un aquifère à être traversé par l'eau sur toute sa hauteur. Elle exprime le débit d'eau qui s'écoule, par unité de largeur L et sur toute l'épaisseur e d'un aquifère, sous l'effet d'une unité de gradient hydraulique i . Par simplification, la transmissivité est souvent exprimée comme étant égale au produit de la conductivité hydraulique K par l'épaisseur e de l'aquifère (Castany, 1998).

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

Il existe quelques ouvrages sur la carte Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing pour lesquels sont disponibles des données hydrogéologiques précises concernant les paramètres d'écoulement. Les données provenant des études de la SWDE sont les suivantes :

Pour la région de Hacquegnies (sud-est de la carte) (SWDE, 1995) :

- transmissivité (m²/s) : de $1,04 \cdot 10^{-2}$ à $6,9 \cdot 10^{-2}$ en descente ;
de $1,07 \cdot 10^{-2}$ à $9,65 \cdot 10^{-2}$ en remontée ;
- débit spécifique (m³/m.h) : de 0,15 à 34,35.

Pour la région de Celles (nord-ouest de la carte) (SWDE, 1992) :

- transmissivité moyenne (m²/s) : de 4,6 à $4,9 \cdot 10^{-3}$;
- conductivité hydraulique moyenne (m/s) : $1,2 \cdot 10^{-4}$;
- coefficient d'emmagasinement : de 0,06 à 0,33%.

VIII. ZONES DE PROTECTION

VIII.1. CADRE LÉGAL

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

Afin de limiter les risques de contamination des captages, des périmètres de prévention doivent être mis en place. La législation wallonne* définit quatre niveaux de protection à mesure que l'on s'éloigne du captage : zones de prise d'eau (zone I), de prévention (zones IIa et IIb) et de surveillance (zone III). Ces zones sont délimitées par des aires géographiques déterminées notamment en fonction de la vulnérabilité de l'aquifère.

Zone I ou zone de prise d'eau

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

Zone IIa et IIb ou zone de prévention rapprochée et éloignée

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

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

- la zone de prévention rapprochée (zone IIa) :

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

A défaut de données suffisantes permettant de définir la zone IIa selon le critère des temps de transfert, la législation suggère de délimiter la zone IIa par une ligne située à une distance horizontale minimale de 35 mètres à partir des installations de surface,

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

dans le cas d'un puits, et par deux lignes situées à 25 mètres au minimum de part et d'autre de la projection en surface de l'axe longitudinal dans le cas d'une galerie ou d'un drain.

- 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 III : zone de surveillance

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

Mesures de protection

Diverses mesures de protection ont été définies par les autorités compétentes pour les différentes zones. Ces mesures concernent notamment l'utilisation et le stockage de produits dangereux, d'engrais ou de pesticides, les puits perdants, les nouveaux cimetières, les parkings,... Elles visent à réduire au maximum les risques de contamination de la nappe. Toutes ces mesures sont décrites aux articles R.162 à R.170 de l'Arrête du Gouvernement Wallon du 12 février 2009*.

La Société Publique de Gestion de l'Eau (SPGE)* assure la gestion financière des dossiers concernant la protection des eaux potabilisables distribuées par réseaux, par le biais de contrats de service passés avec les producteurs d'eau. Pour financer les recherches relatives à la

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

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

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.2. ZONES DE PRÉVENTION APPROUVÉES PAR ARRÊTÉ MINISTÉRIEL

En août 2014, il existe six zones de prévention approuvées par arrêté ministériel : une en Wallonie concernant le site de Moustier et Hacquegnies de la SWDE et les cinq autres en Flandre (Avelgem – Waarmaarde – Kerkhove de De Watergroep (la plus étendue) ; Ronsemeersstraat de la TMVW ; Baeremeers, Triburie et Paillart gérés par la commune de Ronse). Les deux zones de prévention plus importantes sont présentées ci-dessous. Les quatre autres zones de prévention sont rapprochées et correspondent aux limites cadastrales autour des ouvrages.

VIII.2.1. Zone de prévention approuvée par arrêté ministériel autour des prises d'eau de Moustier P1 et Hacquegnies P2 (SWDE031)

Cette zone (Figure VIII-1), située au sud – est de la carte, comprend deux puits qui exploitent l'aquifère des calcaires du Dévono-Carbonifère. La zone a été tracée sur base du temps à transfert avec la réalisation d'une modélisation mathématique d'écoulements en 1995 (SWDE, 1995). L'arrêté ministériel a été acté le 18 novembre 2002 et publié au Moniteur le 17 décembre de la même année. Il est consultable à l'adresse :

<http://environnement.wallonie.be/legis/EAU/easou038.htm>

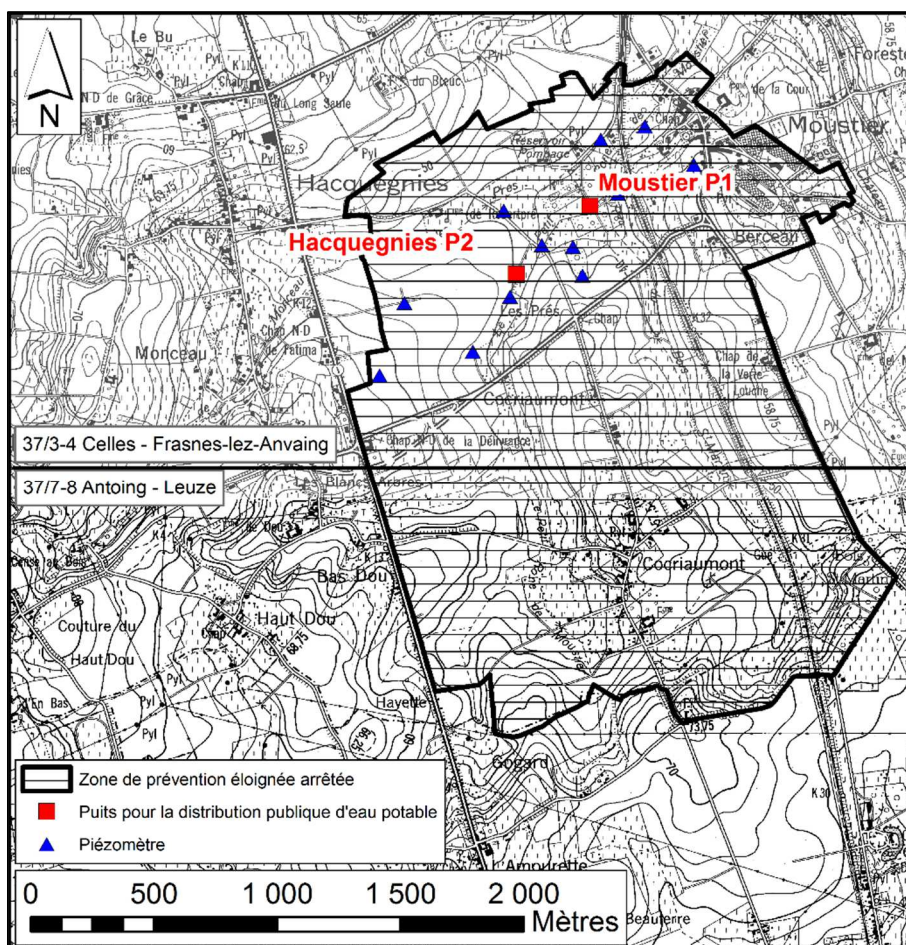


Figure VIII-1. Zones de prévention éloignée autour des captages de Moustier P1 et Hacquegnies P2

VIII.2.2. Zone de prévention flamande autour des prises d'eau du site d'Avelgem – Waarmaarde – Kerkhove

Cette zone (Figure VIII-2) est située au nord-ouest de la carte, en région flamande. Seul le coin sud est visible. Cette zone comprend au moins deux puits. Plus d'informations concernant la délimitation des zones de prévention en Flandre sont disponibles à l'adresse :

<https://dov.vlaanderen.be/dovweb/html/3waterwingebieden.html#afbakening>

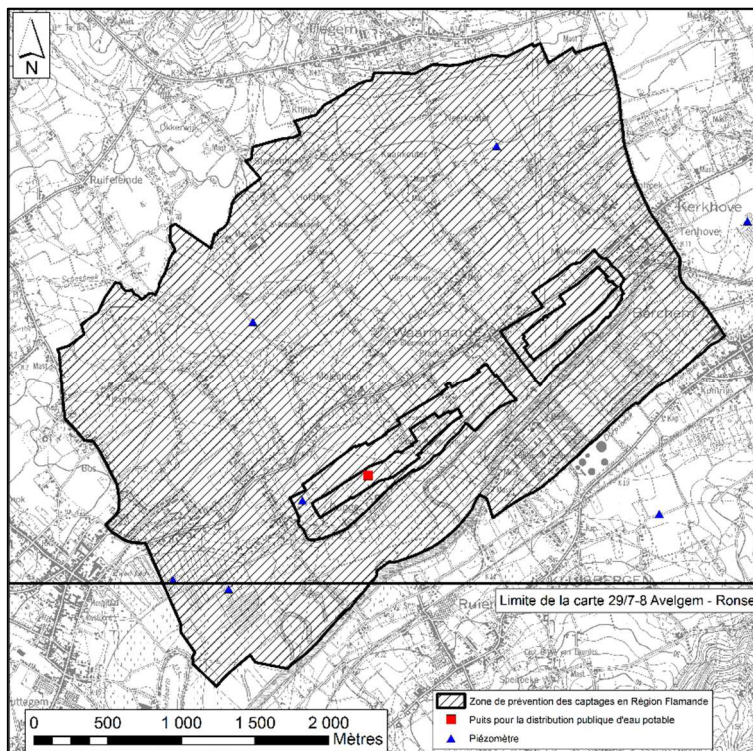


Figure VIII-2. Zones de prévention des prises d'eau d'Avelgem – Waarmaarde – Kerkhove

VIII.3. ZONES DE PRÉVENTION À DÉFINIR

A ce jour, quatre ouvrages sont en attente de définition de zone de prévention. Il s'agit de :

- de trois puits de la SWDE : « Camps Raby P1 », « Camps Raby P2 » et « Camps Raby P3 » ;
- d'un puits appartenant à De Watergroep : « Wattripont ».

IX. MÉTHODOLOGIE DE L'ÉLABORATION DE LA CARTE HYDROGÉOLOGIQUE

Le présent chapitre donne les principales sources d'informations géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques utilisées. Elle décrit également l'utilisation de ces données, l'encodage et l'interprétation qui a été faite, permettant la réalisation de la carte hydrogéologique de Wallonie 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing et de sa notice explicative. La structure du poster au format A0 est également présentée.

IX.1. ORIGINE DES DONNÉES

IX.1.1. Données géologiques

La carte géologique 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing servant de base à la carte hydrogéologique a été établie en 2005 par C. Vanneste et M. Hennebert. Grâce à la description des lithologies des différentes formations géologiques, il est possible de caractériser les différentes unités hydrogéologiques en y apportant diverses nuances.

Des discontinuités entre les limites géologiques et/ou hydrogéologiques apparaissent avec la carte voisine Antoing – Leuze 37/7-8 (Hennebert & Doremus, 1997b ; Mengeot *et al.*, 2010) située au sud. C'est le cas pour les alluvions anciennes qui apparaissent dans le coin sud-ouest de la carte Celles – Frasnes-lez-Anvaing et qui n'ont pas été représentées sur la carte au sud. Les Membres de Roubaix et de Mons-en-Pévèle de la Formation de Kortrijk présents sur la présente carte sont absents et/ou regroupés sur la carte Antoing – Leuze. Enfin, le Membre du Panisel de la Formation de Tielt, présent sur le bord nord de la carte Antoing – Leuze, est absent sur le bord sud de la carte de Celles – Frasnes-lez-Anvaing.

Les données géologiques proviennent des descriptions de forages disponibles principalement au Service Géologique de Belgique (SGB). A partir de celles-ci les cotes des isohypses du socle ont pu être déterminées. Un extrait de la carte des isohypses au 1/200 000 du Geologische subcropkaart van het Massief van Brabant in Vlaanderen (tracé par l'Institut Royal Belge des Sciences Naturelles (IRBSN) du Service Géologique de Belgique (SGB) en 2005) a été repris ; la version numérique est fournie par la Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV).

IX.1.2. Données météorologiques et hydrologiques

Sur la carte Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing, il existe deux stations limnimétriques appartenant à la DCENN (Amougies L5412 et Escanaffles L6920) et deux stations climatiques appartenant à l'IRM (Anvaing D6 et Dergneau D21).

Ces stations sont figurées sur la carte principale au 1/25 000 du poster A0.

IX.1.3. Données hydrogéologiques

IX.1.3.1. Localisation des ouvrages et des sources

Dans la banque de données hydrogéologiques de la région wallonne, 737 ouvrages ont été encodés. La plupart de ces ouvrages ont été visités sur le terrain. Pour la plupart, leur position géographique a pu être corrigée, leurs type et profondeur ont pu être déterminés et une mesure de niveau d'eau a été réalisée lorsque c'était possible (tête de puits accessible). Le travail d'enquête auprès des habitants de la région permet aussi d'obtenir d'autres renseignements concernant les ouvrages.

Finalement, après mise à jour, 445 ouvrages ont été recensés en 2012 et reportés sur la carte hydrogéologique 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing. Cet ensemble est constitué de 8 puits pour la distribution publique d'eau potable, 237 autres puits possédant une autorisation d'exploitation, 6 sources (exploitées ou non) et 194 points (piézomètres ou puits) où des mesures piézométriques seraient praticables*.

IX.1.3.2. Données piézométriques

Au cours de la campagne de mesure en 2005-2006 pour la première version de la carte, 191 ouvrages ont été recensés sur le terrain et 82 d'entre eux ont permis d'effectuer des relevés piézométriques. Ces mesures ainsi que des mesures antérieures et postérieures sont figurées sur la carte principale du poster A0. Toutes les mesures réalisées sur le terrain ont été encodées dans la base de données hydrogéologiques BD Hydro.

Sur la carte principale du poster A0, un tri a été effectué et 92 mesures ponctuelles ont été gardées et reportées. Ces mesures sont réparties selon le Figure IX-1 :

Figure IX-1. Nombre de mesures reportées sur la carte principale du poster A0

Unité hydrogéologique	Nombre de mesures reportées
Aquifère alluvial	3
Aquifère des sables de l'Eocène	9
Aquiclude – aquitard des argiles de l'Eocène	50
Aquifère des sables du Paléocène	8
Aquifère des calcaires dévono-carbonifères	22

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

Aussi certains ouvrages sont suivis régulièrement. Cela a permis de réaliser les graphiques de l'évolution piézométrique.

IX.1.3.3. Données des paramètres hydrochimiques

Les données hydrochimiques proviennent de la banque de données physico-chimiques des captages d'eau souterraine CALYPSO (Qualité des Eaux Potabilisables et Souterraines) du Service Public de Wallonie, elle-même alimentée par des informations en provenance des sociétés de distributions d'eau, des bureaux d'études. Les analyses les plus complètes et les plus récentes possibles sont présentées dans cette notice. Les résultats sont ensuite analysés et comparés entre les différentes unités hydrogéologiques.

Sur l'ensemble de la carte, sont dénombrés 17 ouvrages caractérisés par un total de 27 057 analyses chimiques.

IX.1.3.4. Données des paramètres hydrodynamiques

Les données hydrodynamiques proviennent des rapports techniques et d'études de zones de prévention de la SWDE (Camps Raby et Hacquegnies). Les références de ces différents rapports sont données dans la bibliographie.

IX.1.3.5. Autres données

Sur la carte de Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing, les zones vulnérables aux nitrates, les zones de prévention autour des captages et celles à définir en région wallonne ainsi que les zones de prévention en région flamande sont figurées.

IX.2. MÉTHODOLOGIE DE CONSTRUCTION DE LA CARTE

IX.2.1. Banque de données hydrogéologiques

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

Dans un souci d'homogénéité entre les équipes chargées de la réalisation des cartes hydrogéologiques et d'autres institutions (dont l'administration wallonne, DGRNE), la base de données a été révisée. Le but est de créer un outil de travail commun et performant, répondant aux besoins des spécialistes impliqués dans la gestion des eaux souterraines. Les données

hydrogéologiques dispersées géographiquement devaient être disponibles dans une seule base de données centralisée.

L'ensemble des données collectées est encodé dans la base de données géorelationnelle, BD Hydro (Wojda et al, 2005). Elle regroupe toutes les informations disponibles en matière d'hydrogéologie en région wallonne.

Ainsi les données détaillées de l'hydrochimie, de la piézométrie, des volumes exploités, les divers tests (diagraphies, essais de pompage, essai de traçage, prospection géophysique), fournissant notamment les paramètres d'écoulement et de transport, des informations relatives à la localisation des prises d'eau (puits, sources, piézomètres,...), leurs caractéristiques techniques, de la géologie telles que les descriptions de logs de forage et d'autres données administratives sont stockées dans la BD Hydro sous l'autorité de la DGRNE-DGO 3*. La base de données est également enrichie avec les informations sur les études, rapports et autres documents hydrogéologiques écrits. Ces renseignements se présentent sous la forme de métadonnées. Les données peuvent être demandées au Service Public de Wallonie qui décide de leur accessibilité au cas par cas.

IX.2.2. Construction de la carte hydrogéologique

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

IX.3. PRESENTATION DU POSTER A0

La carte hydrogéologique se compose de deux posters reprenant plusieurs éléments :

- la carte hydrogéologique principale au 1/25 000 ;
- les cartes thématiques au 1/50 000 :
 - carte des informations complémentaires et des caractères de couverture des nappes ;
 - carte des volumes d'eau prélevés ;
 - carte des isohypses de la base et du toit des aquifères ;
- la coupe hydrogéologique ;

* Direction Générale Opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement du SPW. Département de l'Etude du Milieu naturel et agricole. Direction de la Coordination des données. Avenue Prince de Liège 15 - B-5100 Jambes, Belgique

- le tableau de correspondance entre la géologie et l'hydrogéologie ;
- la carte de Belgique (au 1/5 000 000) où est localisée la carte étudiée.

IX.3.1. Carte hydrogéologique principale

La carte principale comprend plusieurs couches d'information :

- le fond topographique de la carte IGN au 1/10 000 (sous licence SPW-DGO 3) ;
- le réseau hydrographique ;
- les unités hydrogéologiques ;
- la localisation des points d'eau constitués par :
 - des puits des sociétés de distribution d'eau ;
 - des puits de sociétés industrielles ;
 - des puits privés exploités et déclarés au Service Public de Wallonie ;
 - des puits non exploités, mais équipés d'une pompe ;
 - des sources exploitées ou non ;
 - des piézomètres, ces derniers étant considérés comme tout point d'accès à la nappe, non exploité (forages de petit diamètre, puits non équipés) ;
 - les captages actifs en région flamande (données DOV) ;
 - les piézomètres et réseau de mesures en région flamande (données DOV) ;
- les stations limnimétriques et climatiques ;
- les isopièzes : représentant la piézométrie partielle de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères ;
- le sens probable d'écoulement souterrain de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères ;
- les cotes piézométriques ponctuelles pour les différentes unités hydrogéologiques rencontrées, avec la date de la mesure ;
- le trait localisant le tracé de la coupe hydrogéologique ;
- les zones de prévention IIb arrêtées par le Gouvernement Wallon ;
- les zones de prévention autour des captages en région flamande (données DOV) ;

- les points de captage en attente de la définition de leur zone de prévention.

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

Cette carte localise différents sites pour lesquels des données quantitatives ou qualitatives existent (analyses chimiques et diagraphie). Elle reprend l'extension de la zone vulnérable aux nitrates du « Nord du sillon de la Sambre et de la Meuse ». Elle reprend également l'extension des zones vulnérables en région flamande. Le caractère des différentes couvertures des nappes rencontrées est également figuré.

IX.3.3. Carte des volumes prélevés

Cette carte situe l'ensemble des ouvrages recensés et existants en 2014 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 2012 par les captages des sociétés de distribution d'eau représentées par des pastilles rouges de diamètre proportionnel aux débits captés ;
- les volumes déclarés pour l'année 2012 par les puits privés exploités par des particuliers ou des industries représentées par des pastilles vertes de diamètre proportionnel aux débits captés ;
- les volumes moyens prélevés, correspondant à la moyenne des cinq dernières années (2008-2012) (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. Carte des isohypses

Les isohypses du toit des calcaires dévono-carbonifères sont issues du projet ScaldWIN. Elles ont tracées à partir des cartes du SGB (Gulinck & Legrand, 1970), de descriptions de plus de 600 sondages et des cartes de la VUB sur l'étude du socle du Brabant (Rorive & Bastien, 2012).

Les isohypses du toit du socle paléozoïque du Massif du Brabant ont été tracées au 1/200 000 en 2005 par le Service Géologique (SGB), dépendant de l'Institut Royal Belge des

Sciences Naturelles (IRBSN) ; la version numérique est fournie par la Databank Ondergrond Vlaanderen* (DOV).

Les isohypses du toit du socle paléozoïque du Massif du Brabant sont tracés en brun, celles du socle dévono-carbonifère en rouge et les isohypses du toit de l'aquifère des craies du Crétacé en vert sur la carte thématique des isohypses du toit du socle paléozoïque du poster joint à cette notice.

Les isohypses du toit de l'aquiclude des marnes du Turonien et celles de l'aquifère des craies du Crétacé sont également issus du projet ScaldWIN. Elles sont tracées respectivement en vert et en bleu.

IX.3.5. 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 Wallonie 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing de C. Vanneste et M. Hennebert, dressée en 2005.

IX.3.6. Coupe hydrogéologique

Parmi les éléments présentés sur le poster de la carte hydrogéologique figure la coupe hydrogéologique. Elle permet de comprendre le contexte géologique et hydrogéologique de la région. La coupe est issue de la Carte Géologique de Wallonie 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing de Vanneste & Hennebert (2005), sur laquelle ont été ajoutées des informations sur les niveaux d'eau souterraine.

* Site de la Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) : <https://dov.vlaanderen.be>

IX.3.7. 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 BIBLIOGRAPHIQUES

- Barchi, P., Badinier, G., Capron, A., Patin, M.** (2006) : Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Pas-de-Calais. Rapport final. BRGM/RP-53817-FR, BRGM 129 p., 23 ill., 4 ann., 3 cartes h.-t.
- Belanger, I., Delaby, S., Delcambre, B., Ghysel, P., Hennebert, M., Laloux, M., Marion, J.-M., Mottequin, B., Pingot, J.-L.** (2012) : Redéfinition des unités structurales du front varisque utilisées dans le cadre de la nouvelle Carte géologique de Wallonie (Belgique). *Geologica Belgica*, 15/3, pp. 169–175
- Bougard, G., Roland, S., Bastien, J., Rorive, A.** (2009) : Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchettes Hertain - Tournai n° 37/5-6. Edition : Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique. Dépôt légal D/2009/12.796/5. ISSN D/2009/12.796/5 - ISBN 978-2-8056-0067-8
- Boulvain, F., Pingot, J.-L.** (2014) : Une Introduction à la géologie de la Wallonie. Cours en ligne (<http://www2.ulg.ac.be/geolsed/geolwal/geolwal.htm>)
- Castany, G.** (1998) : Hydrogéologie. Principes et méthode. Edition : Dunod, Paris - ISBN 2 10 004171 1
- FPMS** (1996) : Le projet « Transhennuyère » : son influence sur la nappe aquifère du calcaire carbonifère dans la région de Péruwelz. Rapport final. 42 p.
- FPMS** (1998) : Le projet « Transhennuyère » Actualisation de l'étude: Influence sur la nappe aquifère du calcaire carbonifère dans la région de Péruwelz. 14 p.
- Gulinck, M., Legrand, R.** (1970) : Carte hydrogéologique au 1/50 000 du Tournaisis. Mémoire pour servir à l'explication des cartes géologiques et minières de la Belgique. Service Géologique de Belgique
- Hennebert, M., Doremus, P.** (1997a) : Carte géologique de Wallonie au 1/25 000ème (avec notice explicative), Planche Hertain - Tournai n° 37/5-6. Edition : Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement
- Hennebert, M., Doremus, P.** (1997b) : Carte géologique de Wallonie au 1/25 000ème (avec notice explicative), Planche Antoing - Leuze n° 37/7-8. Edition : Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement
- Kaufmann, O.** (2000) : Les effondrements karstiques du Tournaisis : genèse, évolution, localisation, prévention. Tome I et II. Thèse de doctorat. Faculté Polytechnique de Mons

- Laga, P., Louwye, S., Geets, S.** (2001) : Paleogene lithostratigraphic units (Belgium). In Bultynck & Dejonghe, eds., Guide to revised lithostratigraphic scale of Belgium. *Geologica Belgica*, Brussels, 4/1-2 135–152
- Mengeot, A., Roland, S., Bastien, J., Rorive, A.** (2010) : Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchettes Antoing - Leuze n° 37/7-8. Edition : Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique. Dépôt légal D/2010/12.796/1 - ISBN 978-2-8056-0069-2
- Pfannkuch, H.-O.** (1990) : Elseviers Dictionary of Environmental Hydrogeology. Elsevier Science Publishers, xii+332 pp.
- Roland, S., Habils, F., Rorive, A.** (2010) : Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchettes Laplaigne - Péruwelz n° 44/3-4. Edition : Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique. Dépôt légal D/2010/12.796/7 - ISBN 978-2-8056-0075-3
- Roland, S., Rorive, A.** (2010) : Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchettes Mainvault - Lessines n° 38/1-2 & Flobecq - Brakel n° 30/5-6 (version provisoire). Edition : Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique
- Rorive, A., Bastien, J.** (2012) : Aquifère transfrontalier des calcaires carbonifère du district hydrographique international de l'Escaut. Projet Interrreg IVB-NWE "ScaldWIN", Convention UMons et RW.
- SPW-DGO 3** (2014) : Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie. Edition : Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique, Dépôt légal D/2014/11802/11 - ISBN : 978-2-8056-0142-2. (<http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/>)
- SWDE** (1992) : Réalisation d'un forage de reconnaissance PR1 et d'un puits d'exploitation P3 à Celles. 17 p. + ann.
- SWDE** (1995) : Réalisation de cinq piézomètres et de quatre puits de reconnaissance à Frasnes-lez-Anvaing (Hacquegnies) 26 p. + ann.
- UNESCO-OMM** (1992) : Glossaire International d'Hydrologie. Seconde édition révisée. 413 p.
- Vanneste, C., Hennebert, M.** (2005) : Carte géologique de Wallonie au 1/25 000ème (avec notice explicative), Planche Avelgem - Ronse n° 29/7-8 & Celles - Frasnes-lez-Anvaing n° 37/3-4. Edition : Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement. Dépôt légal D/2005/5322/62. ISSN D/2005/5322/62
- Vergari, A.** (1997) : Contraintes paléokarstiques dans l'exploitation du calcaire Carbonifère sur le bord nord du synclinorium de Namur en Hainaut occidental. Thèse de doctorat. Faculté Polytechnique de Mons

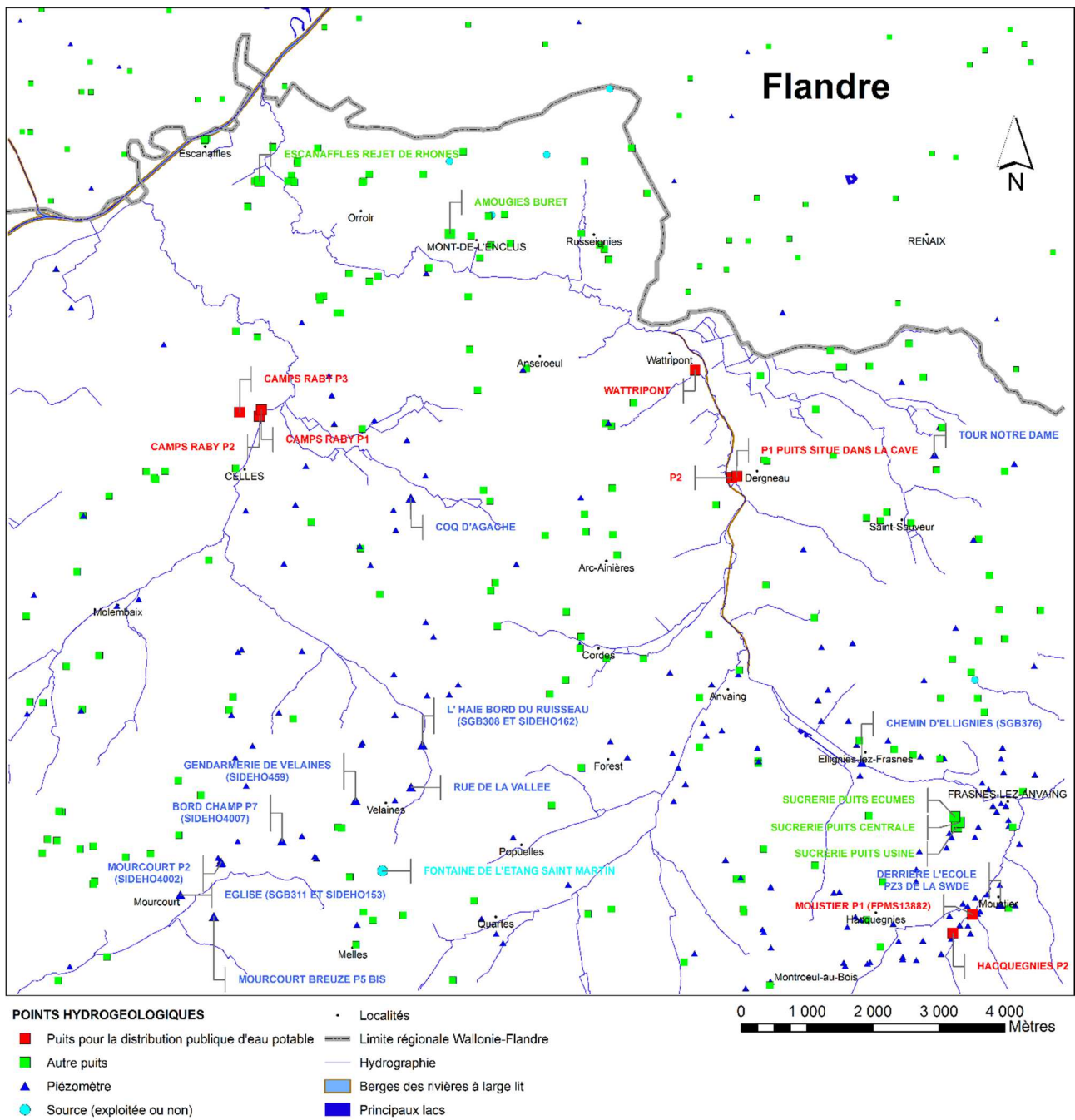
Wojda, P., Dachy, M., Popescu, C., Ruthy, I., Gardin, N. (2006) : Manuel d'utilisation de la banque de données hydrogéologiques de la Région Wallonne 44 p.

Youssof, H. (1973) : Hydrologie karstique du calcaire carbonifère de la Belgique et du Nord de la France. Synthèse des données acquises en 1972. Thèse de doctorat. Faculté des Sciences de l'Université de Lille

ANNEXE 1. GLOSSAIRE DES ABRÉVIATIONS

- AGW : Arrêté du Gouvernement Wallon
- ArGEnCO – GEO³ : Architecture, Géologie, Environnement et Constructions – Géotechnologies, Hydrogéologie, Prospection Géophysique
- DGARNE – DGO 3 (anciennement DGRNE) : Direction Générale Opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement. Avenue Prince de Liège, 15. B-5100 Jambes (Namur). Belgique
- DOV : Databank Ondergrond Vlaanderen
- FPMs. : Faculté Polytechnique de Mons
- IGN : Institut Géographique National de Belgique
- IRM : Institut Royal Météorologique
- IRBSN : Institut Royal Belge des Sciences Naturelles
- LQ : Limite de Quantification
- Ma : Millions d'années
- MB : Moniteur Belge
- PGDA : Programme de Gestion Durable de l'Azote en agriculture
- SPGE : Société Publique de Gestion de l'Eau
- SPW : Service Public de Wallonie
- SWDE : Société Wallonne des Eaux
- ULg : Université de Liège
- UMons : Université de Mons
- VUB : Vrije Universiteit Brussel

ANNEXE 2. CARTE DE LOCALISATION



ANNEXE 3. COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITÉS DANS LA NOTICE

Nom de l'ouvrage	X (m)	Y (m)	Zsol (m)	Type d'ouvrage	Profondeur (m)
AMOUGIES BURET	88708	159698	22,5	Puits traditionnel	8
BORD CHAMPS P7 (SIDEHO 4007)	86160	150484	61,62	Puits foré	117
CAMPS RABY P1	85847	157037	18,2	Puits foré	87,5
CAMPS RABY P2	85815	156941	18	Puits foré	95,5
CAMPS RABY P3	85519	157000	18	Puits foré	126
CHEMIN D'ELLIGNIES (SGB376)	94951	151677	37,1	Puits foré	43
COQ D'AGACHE	88111	155691	30	Puits traditionnel	4
DERRIERE L'ECOLE PZ3 DE LA SWDE	97052	149526	51,93	Puits foré	24
EGLISE (SGB311 ET SIDEHO153)	84619	149672	43,55	Puits foré	59,6
ESCANAFFLES REJET DE RHOSNES	85820	160500	14	Puits traditionnel	10
FONTAINE DE L'ETANG SAINT MARTIN	87684	150034	47	Source	-
GENDARMERIE DE VELAINES (SIDEHO459)	87275	151100	54	Puits foré	-
HACQUEGNIES P2	96333	149084	41,71	Puits foré	50,5
L'HAIE BORD DU RUISSEAU (SGB308 ET SIDEHO162)	88288	151941	34,51	Puits foré	54,5
MOURCOURT BREUZE P5 BIS	85126	149332	49,73	Puits foré	91
MOURCOURT P2 (SIDEHO 4002)	85238	150169	41,53	Puits foré	145
MOUSTIER P1	96631	149359	36,54	Puits foré	33
P1 PUIITS SITUE DANS LA CAVE	93057	156018	22	Puits foré	90
P2	92982	155998	22	Puits foré	95,5
RUE DE LA VALLEE	88115	151300	153.95	Puits foré	-
SUCRERIE PUIITS CENTRALE	96427	150767	43	Puits foré	62
SUCRERIE PUIITS ECUMES	96360	150853	43	Puits foré	55
SUCRERIE PUIITS USINE	96386	150701	43,35	Puits foré	84
TOUR NOTRE DAME	96050	156350	40	Puits traditionnel	7
WATTRIPONT	92423	157636	19,2	Puits foré	-

ANNEXE 4. TABLES DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

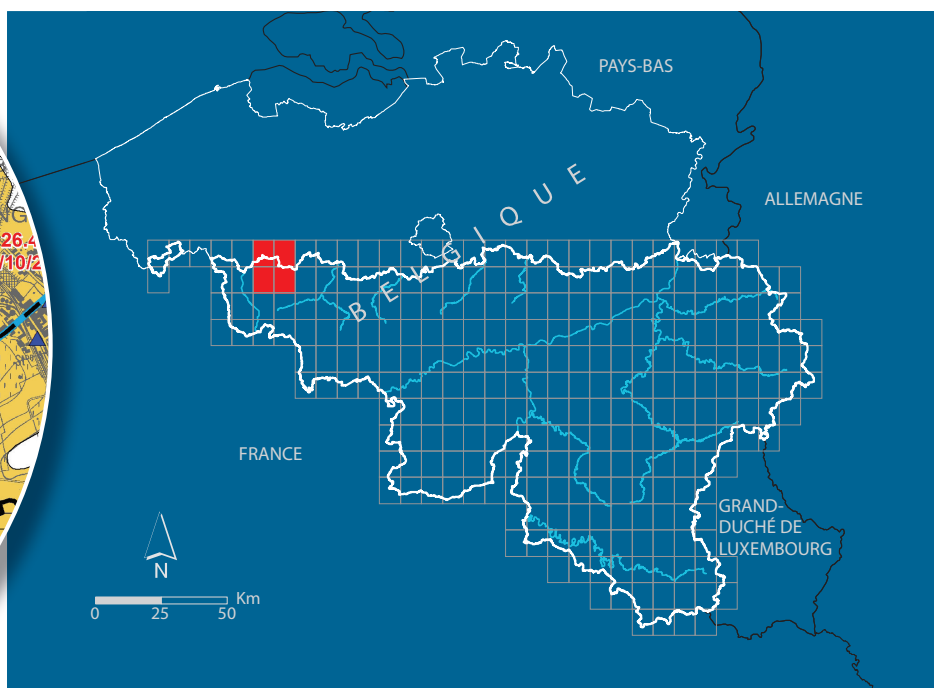
Figure I-1. Localisation de la carte 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing	5
Figure II-1. Localisation des cours d'eau, lacs, berges de rivières à larges lits, limites des bassins hydrographiques, routes, limites des communes et localités	7
Figure III-1. Localisation des planches 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing sur la carte géologique de Wallonie (Boulvain & Pingot, 2014, modifié)	9
Figure III-2. Extension de la nappe des calcaires dévono-carbonifères du bord nord du Parautochtone brabançon (Youssef, 1973, modifié).....	9
Figure III-3. Cadre structurale schématique du socle paléozoïque du Tournaisis (Kaufmann, 2000, modifié).....	18
Figure IV-1.Divisions principales de la nappe des calcaires du Dévono-Carbonifère (Youssef, 1973, modifié) et localisation de la carte 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing.....	22
Figure IV-2. Extension des marnes au-dessus de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères (Rorive & Bastien, 2012, modifié).....	25
Figure IV-3. Extension et isohypses du toit des craies du Crétacé au-dessus de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères (Rorive & Bastien, 2012).....	26
Figure IV-4. Extension et épaisseur de l'aquifère des sables (landeniens) du Paléocène et localisation de la carte Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing, en rouge (Gulinck & Legrand, 1970, modifié)	27
Figure IV-5. Localisation de la carte 29/5-6 Mouscron – Zwevegem & 37/1-2 Templeuve – Pecq par rapport aux masses d'eau RWE061, RWE060 et RWE013 (SPW-DGO 3, 2014)	30
Figure IV-6. Carte piézométrique de la nappe des calcaires dévono-carbonifères dans la partie ouest du Tournaisis (Octobre 2010) (Rorive & Bastien, 2012, modifié)	32
Figure IV-7.Piézométrie (octobre 2010) de l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères et localisation des ouvrages suivis	36
Figure IV-8.Evolutions piézométriques dans sept ouvrages sollicitant l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères (zone de Pecq – Roubaix)	37

Figure IV-9. Evolutions piézométriques dans un ouvrage sollicitant l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères (zone de Frasnes – Peruwelz – Seneffe).....	37
Figure IV-10. Cotes piézométriques ponctuelles dans la couverture cénozoïque en comparaison avec les isopièzes des calcaires dévono-carbonifères et localisation de l'ouvrage suivi	39
Figure IV-11. Evolution piézométrique dans un piézomètre implanté dans l'aquifère des sables du Paléocène.....	40
Figure V-1. Zones vulnérables aux nitrates arrêtées en Wallonie (SPW-DGO 3, 2014) et localisation de la carte 29/7-8 Avelgem – Ronse & 37/3-4 Celles – Frasnes-lez-Anvaing	51
Figure V-2. Evolution de la concentration en nitrates dans les ouvrages implantés dans l'aquifère alluvial, l'aquiclude – aquitard des argiles de l'Eocène, l'aquifère des sables du Paléocène et dans l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères	52
Figure VI-1. Volumes prélevés (m ³) sur le site de Camps Raby (SWDE)	57
Figure VI-2. Volumes prélevés (m ³) sur le site d'Hacquegnies (SWDE)	57
Figure VI-3. Volumes prélevés (m ³) sur le site de Watripont (De Watergroep)	57
Figure VI-4. Volumes prélevés (m ³) sur P1 et P2 à Dergneau (Soder SA)	58
Figure VI-5. Historique de prélèvement de l'ancienne sucrerie de Frasnes-lez-Anvaing	58
Figure VIII-1. Zones de prévention éloignée autour des captages de Moustier P1 et Hacquegnies P2.....	63
Figure VIII-2. Zones de prévention des prises d'eau d'Avelgem – Waarmaarde – Kerkhove.....	64
Figure IX-1. Nombre de mesures reportées sur la carte principale du poster A0.....	66

LISTE DES TABLEAUX

Tableau III-1. Tableau lithostratigraphique de la carte d'Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing.....	12
Tableau IV-1. Tableau de correspondance 'Géologie – Hydrogéologie' de la carte d'Avelgem – Ronse & Celles – Frasnes-lez-Anvaing.....	20
Tableau V-1. Analyse chimique de trois puits de la SWDE et de De Watergroep exploitant l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères et valeurs seuil RW du Code de l'Eau	47

Tableau V-2. Analyse chimique de deux ouvrages exploitant l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères et valeurs seuil RW du Code de l'Eau.....	47
Tableau V-3. Analyse chimique de la source « Fontaine de l'Etang Saint Martin » et valeurs seuil RW du Code de l'Eau	49
Tableau V-4. Analyse chimique de deux puits implantés dans l'aquifère alluvial et valeurs seuil RW du Code de l'Eau	50
Tableau V-5. Analyse bactériologique des puits « Camps Raby P2 » (SWDE), « Hacquegnies P2 » (SWDE), « Watripont » (De Watergroep) et « P1 puits situé dans la cave » (Soder SA) et valeurs seuil RW du Code de l'Eau	54
Tableau V-6. Analyse bactériologique des puits « Fontaine de l'Etang saint Martin » (aquiclude – aquitard des argiles de l'Eocène), « Escanaffles Rejet de Rhones » et « Coq d'Agache » (aquifère alluvial) et valeurs seuil RW du Code de l'Eau	54
Tableau VI-1. Volumes prélevés en 2012 et volumes moyens prélevés entre 2008 et 2012 par les captages de la SWDE et de De Watergroep	58



SPW | *Éditions, CARTES*

Dépôt légal : D/2015/12.796/4 – ISBN : 978-2-8056-0175-0

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

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