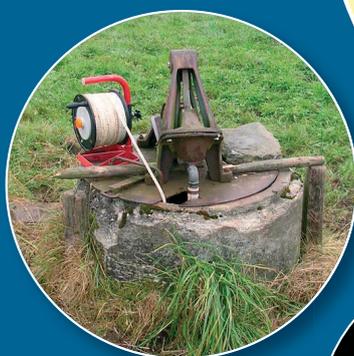


Notice explicative

CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE WALLONIE

Echelle : 1/25 000



Photos couverture © SPW-DGARNE(DGO3)

Fontaine de l'ours à Andenne

Forage exploité

Argillère de Celles à Houyet

Puits et sonde de mesure de niveau piézométrique

Emergence (source)

Essai de traçage au Chantoir de Rostenne à Dinant

Galerie de Hesbaye

Extrait de la carte hydrogéologique de Meldert-Tienen



MELDERT - TIENEN

32/7-8

Ludovic **CAPETTE**, Samantha **REKK**, Vincent **HALLET**

Facultés universitaires Notre Dame de la Paix de Namur
Rue de Bruxelles, 61 - B-5000 Namur (Belgique)



NOTICE EXPLICATIVE

2012

Première édition : Septembre 2010
Actualisation partielle : Septembre 2012

Dépôt légal – D/2012/12.796/7 - ISBN : 978-2-8056-0108-8

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

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

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

AVANT-PROPOS.....	3
I. INTRODUCTION	5
II. CADRES GÉOGRAPHIQUE, GÉOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE.....	6
III. CADRE GÉOLOGIQUE	9
III.1. CADRE GÉOLOGIQUE GÉNÉRAL	9
III.2. CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL.....	10
III.2.1. Cadre lithostratigraphique	11
III.2.1.1. Paléozoïque	11
III.2.1.2. Mésozoïque	12
III.2.1.3. Cénozoïque	14
III.2.2. Cadre structural.....	20
III.2.2.1. Structure du socle paléozoïque	20
III.2.2.2. Structure de la couverture et paléotopographie du socle cambro-silurien	21
IV. CADRE HYDROGÉOLOGIQUE.....	22
IV.3. DESCRIPTION DES UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES.....	22
IV.3.1. Paléozoïque	27
IV.3.1.1. Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien.....	27
IV.3.2. Mésozoïque	28
IV.3.2.1. Aquifères des Craies du Crétacé	28
IV.3.3. Cénozoïque.....	29
IV.3.3.1. Aquifère des sables du Paléocène.....	29
IV.3.3.2. Aquifère à niveaux aquicludes du Paléocène	30
IV.3.3.3. Aquiclude-aquitard des argiles de l'Eocène	31
IV.3.3.4. Aquifère des sables de l'Eocène	32
IV.3.3.5. Aquifère des sables de l'Oligocène	33
IV.3.3.6. Aquitard limoneux	33
IV.3.3.7. Aquifère alluvial.....	35
IV.3.4. Unités hydrogéologiques en Région Flamande.....	35
IV.1. MASSES D'EAU SOUTERRAINE	36
IV.1.1. Brabant wallon	36
IV.1.1.1. Socle du Brabant.....	37
IV.1.1.2. Craies du Brabant	39
IV.1.1.3. Sables du Landénien (Est).....	39
IV.1.1.4. Sables du Bruxellien	40
IV.1.2. Brabant flamand.....	40
IV.1.2.1. Application à la carte Meldert - Tienen.....	40
IV.2. DESCRIPTION DE L'HYDROGÉOLOGIE REGIONALE	44
IV.2.1. Evolution piézométrique et sens d'écoulement	45
IV.2.1.1. Aquifère à niveaux aquicludes du socle cambro-silurien.....	45
IV.2.1.2. Aquifère des craies du Crétacé	47
IV.2.1.3. Aquifère des sables du Paléocène.....	51
IV.2.1.4. Aquifère des sables de l'Eocène.....	53
IV.2.1.5. Aquifère des sables de l'Oligocène	57
IV.2.1.6. Commentaires.....	57
IV.2.2. Coupe hydrogéologique.....	58
IV.3. CARACTÈRE LIBRE, SEMI-CAPTIF, CAPTIF DES NAPPES	61
V. CADRE HYDROCHIMIQUE	63
V.1. CARACTÉRISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX	63
V.1.3. Aquifère des craies du Crétacé	64
V.1.4. Aquifère des sables du Paléocène	65
V.1.5. Aquifère des sables de l'Eocène	68
V.1.6. Commentaires.....	71

V.2. PROBLÉMATIQUE DES NITRATES.....	73
V.2.7. Aquifère des craies du Crétacé	75
V.2.8. Aquifère des sables de l'Eocène	76
V.3. PROBLÉMATIQUE DES MICROPOLLUANTS	77
V.3.1. Pesticides.....	77
V.3.2. Métaux	83
V.4. QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE.....	85
V.5. ETAT DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE	87
VI. EXPLOITATION DES AQUIFÈRES	89
VI.1. VOLUMES PRÉLEVÉS POUR LA DISTRIBUTION PUBLIQUE.....	91
VI.2. VOLUMES PRÉLEVÉS PAR LES PARTICULIERS.....	94
VII. PARAMÈTRES D'ÉCOULEMENT ET DE TRANSPORT	96
VII.3. PARAMÈTRES D'ÉCOULEMENT.....	96
VII.3.1. Aquifère des craies du Crétacé	97
VII.3.2. Aquifère des sables de l'Eocène	98
VII.4. PARAMÈTRES DE TRANSPORT	99
VIII. ZONES DE PROTECTION	100
VIII.1. CADRE LÉGAL.....	100
VIII.1.1. Brabant wallon	100
VIII.1.1.1. Zone de prise d'eau ou zone I.....	100
VIII.1.1.2. Zones de prévention rapprochée et éloignée ou zones IIa et IIb	101
VIII.1.1.3. Zone de surveillance ou zone III	102
VIII.1.1.4. Mesures de protection.....	102
VIII.1.2. Brabant flamand.....	103
VIII.2. ZONE DE PRÉVENTION AUTOUR DES CAPTAGES DE LA CARTE DE MELDERT - TIENEN	104
VIII.2.3. Les zones de protection en Flandre	104
VIII.2.1. Zone de prévention arrêtée	104
VIII.2.2. Zone de prévention à l'enquête publique.....	104
VIII.2.3. Zones de prévention à définir	104
IX. MÉTHODOLOGIE D'ÉLABORATION DE LA CARTE HYDROGÉOLOGIQUE	107
IX.1. INTRODUCTION	107
IX.2. COLLECTE DE DONNÉES	107
IX.2.1. Données existantes	107
IX.3. MÉTHODOLOGIE DE CONSTRUCTION DE LA CARTE.....	108
IX.3.1. La banque de données BD HYDRO	108
IX.3.2. Construction de la carte hydrogéologique	109
X. BIBLIOGRAPHIE.....	113
XI. ANNEXE 1: LISTE DES ABRÉVIATIONS	117
XII. ANNEXE 2: HYDROGEOLOGISCHE CODERING VAN DE ONDERGROND VAN VLAANDEREN (HCOV).....	119
XIII. ANNEXE 3 : TABLE DES OUVRAGES CITÉS DANS LA NOTICE	123

AVANT-PROPOS

La carte hydrogéologique Meldert - Tienen (32/7-8) s'inscrit dans le projet cartographique "Eaux souterraines" commandé, financé, édité et publié par le Service Public de Wallonie (S.P.W) : Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3). Quatre équipes universitaires collaborent à ce projet : l'Université de Namur (UNamur), l'Université de Mons (Faculté Polytechnique, Umons) et l'Université de Liège (ArGEnCO-GEO³-Hydrogéologie & Sciences et Gestion de l'Environnement, ULg-Campus d'Arlon, ULg).

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

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

La carte de Meldert - Tienen (32/7-8) a été réalisée par L. Capette en 2010 et le projet supervisé par V. Hallet du Département de Géologie (UNamur). La carte a été revue et mise à jour partiellement en 2012 par S. Rekk avant sa publication sur Internet.

Les auteurs de la carte hydrogéologique remercient vivement le Service Géologique de Belgique et, en particulier, le Dr. Eric Goemaere (géologue attaché au SGB) pour ses explications à propos de la géologie de cette région. Nous remercions également la Société Wallonne Des Eaux (S.W.D.E.), la Société Publique d'Aide à la Qualité de l'Environnement (SPAQuE), l'Institut Scientifique de Service Public (ISSeP) pour nous avoir fourni nombre de données et nous avoir permis l'accès à leurs ouvrages souterrains (captages, piézomètres). Il en va de même pour tous les bureaux d'études actifs dans le domaine de l'environnement qui nous ont fourni des données, ainsi que tous les titulaires privés (généralement du monde agricole) de

puits pour nous avoir permis d'accéder aux ouvrages lors de nos investigations sur le terrain.

Cette carte, dont une partie du territoire est située en Région Flamande, n'aurait pu être réalisée sans l'apport conséquent de données issues de la Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) et de sa base de données (Databank Ondergrond Vlaanderen). Nous remercions la Région Flamande et plus spécifiquement le Service Eau (Afdeling Water) de la VMM pour leur collaboration à la réalisation de cette carte hydrogéologique de Wallonie.

Nous remercions également Jean-Louis Pingot de l'UCL (géologue attaché à la Carte géologique de Wallonie), Ingrid Ruthy de l'Université de Liège (ArGEnCO-GEO³-Hydrogéologie & Sciences et Gestion de l'Environnement, ULg-Campus d'Arlon, ULg) pour leur relecture attentive et constructive de la carte et de sa notice.

La carte hydrogéologique de Meldert - Tienen ainsi que toutes les autres cartes hydrogéologiques de Wallonie peuvent être consultées dynamiquement ou téléchargées, ainsi que leurs notices explicatives, au format pdf sur le site et l'application webGIS de la Carte hydrogéologique de Wallonie sur le lien suivant <http://environnement.wallonie.be/cartehydrogeo>.

Toute au long de cette notice, afin d'éviter une surcharge des figures, la symbologie fera référence, sauf mention contraire, aux légendes du poster joint à cette notice.

I. INTRODUCTION

Située en Moyenne Belgique, la région de Meldert - Tienen est à cheval sur les provinces du Brabant wallon et du Brabant flamand (Figure I.1). Cette carte couvre la zone limoneuse brabançonne dont la vocation agricole est bien marquée dans le paysage.

On y trouve peu d'activités commerciales et industrielles si ce n'est aux environs de Tienen en région flamande. Les cours d'eau sont peu abondants et de faible importance mis à part la Grande Gette et la Petite Gette. Les champs et prairies dominent largement le paysage. On y observe peu d'étendues boisées.

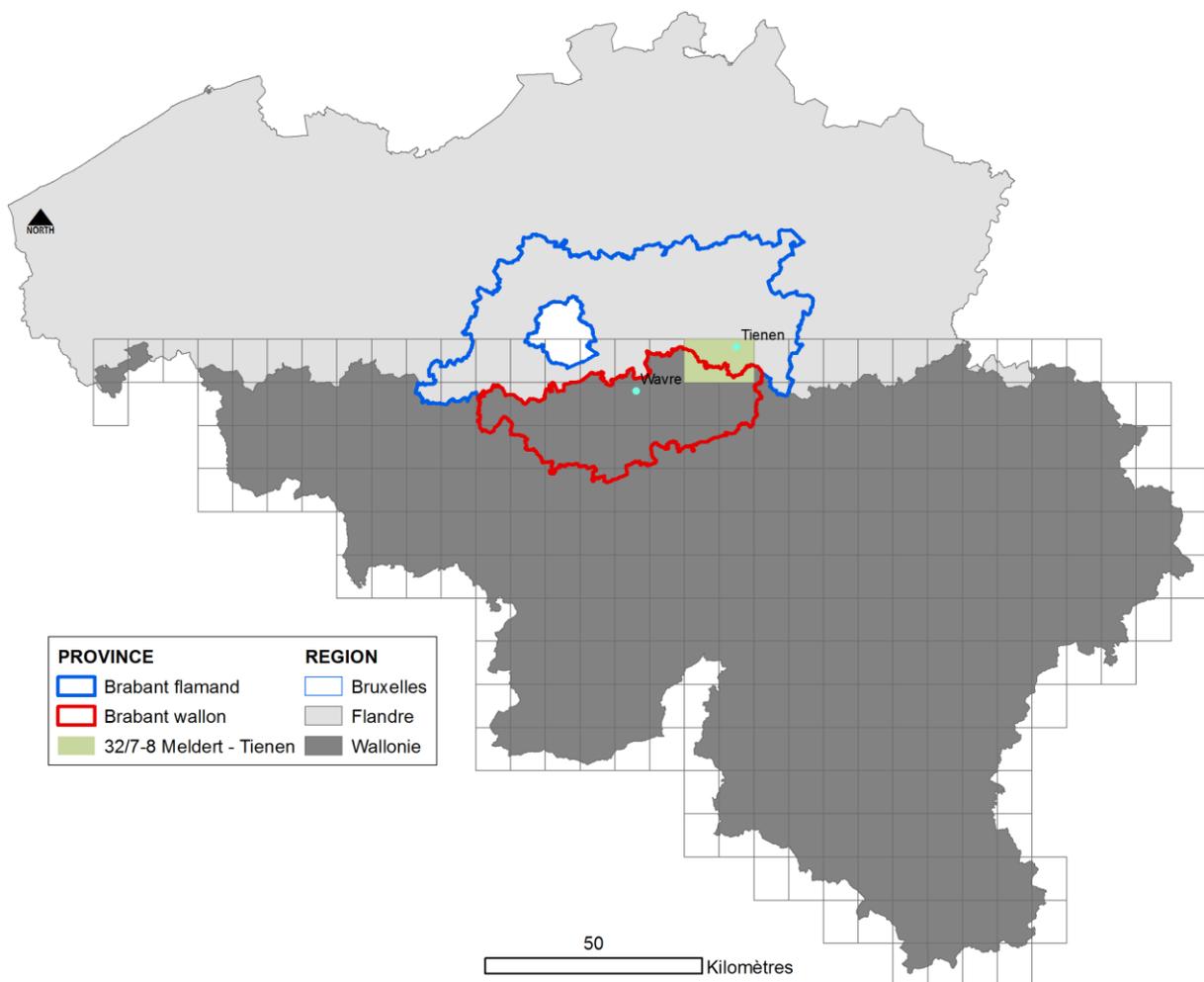


Figure I.1 : Localisation de la carte Meldert - Tienen.

Les principaux aquifères de cette région sont logés dans les sables cénozoïques et dans les craies du Crétacé. Localement, on peut également trouver des aquifères de fissures et d'altération dans les terrains du socle cambro-silurien.

II. CADRES GÉOGRAPHIQUE, GÉOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE

D'une superficie de 160 km² (équivalent à une planche topographique au 1/25 000), la carte 32/7-8 Meldert - Tienen s'étale, dans sa partie wallonne, sur les communes de Beauvechain, Jodoigne, Hélécinne, Incourt et Orp-Jauche. En Brabant flamand, elle s'étend sur les communes de Tienen, d'Hoegaarden et dans une moindre mesure sur les communes de Bierbeek, Boutersem et Landen.

La région de Meldert - Tienen couvre la zone limoneuse à sablo-limoneuse brabançonne dont la vocation agricole est bien ancrée dans le paysage. C'est l'importance de la couverture limoneuse qui fait la richesse des cultures pratiquées, essentiellement de betteraves sucrières et céréales en alternance avec des vergers.

Le relief est ondulé et caractérisé par une alternance de vallées peu encaissées et de vastes plateaux limoneux. Les principaux cours d'eau, la Grande Gette et la Petite Gette, ainsi que leurs affluents, ont creusé des vallées peu profondes sur les coteaux desquelles alternent prairies et bois. Les villes ont grandi le long des cours d'eau et des axes de communication et les étendues agricoles se retrouvent sur les plateaux. Ici, les paysages sont marqués par le développement important de l'habitat récent. Ces caractéristiques confèrent au plateau brabançon un bel exemple d'*openfield*¹.

Au niveau hydrographique, c'est la Grande Gette qui est le principal collecteur de la carte. Cette rivière, qui s'écoule du SW vers le NE, prend sa source aux environs de Perwez et arrose, notamment, Geest-Gérompont, Thorembais, Glimes, Jauchelette, Jodoigne, Zétrud-Lumay. Elle poursuit ensuite son cours vers Tienen en Flandre pour finalement se jeter dans le Démer, affluent de l'Escaut. Ses principaux affluents, sur la carte, sont les ruisseaux des Bronnes, de Gobertange, de Genneville et le Schoorbroeck. La Petite Gette, la Seipe (ou Seype), la Nethen, le Coulant d'Eau, le Train et la Velp sont les autres collecteurs de moindre importance.

En Brabant wallon, le bassin hydrographique de la Grande Gette est le plus étendu, puis vient celui de la Petite Gette, de la Dyle, de la Velp et enfin celui du Train (**Figure II.1**). Tous ces bassins appartiennent au bassin majeur de l'Escaut. Les

¹ Paysage majoritairement découvert composé de parcelles non clôturées.

eaux du bassin de la Petite Gette et de la Velp s'écoulent également du SW vers le NE, celles du bassin de la Dyle, de l'est vers l'ouest.

Deux stations de jaugeage se trouvent sur la carte, elles appartiennent à la DCENN (Division des Cours d'Eau Non-Navigables). Il s'agit de la station L5720 positionnée dans la Grande Gette entre Saint-Jean-Geest et Saint-Rémy-Geest et de la station L6280 située dans la Petite Gette en amont d'Opheylissem. Trois stations climatiques se trouvent également sur cette carte ; à Beauvechain, à Hauthem et à Tienen.

La Flandre est située dans deux districts hydrographiques internationaux : le district de l'Escaut (*stroomgebied van de Schelde, SGD Schelde*) et le district de la Meuse (*stroomgebied van de Maas, SGD Maas*). Ils occupent, respectivement, 88.2 % et 11.8 % du territoire flamand. La partie du Brabant flamand de la carte appartient au district de l'Escaut.

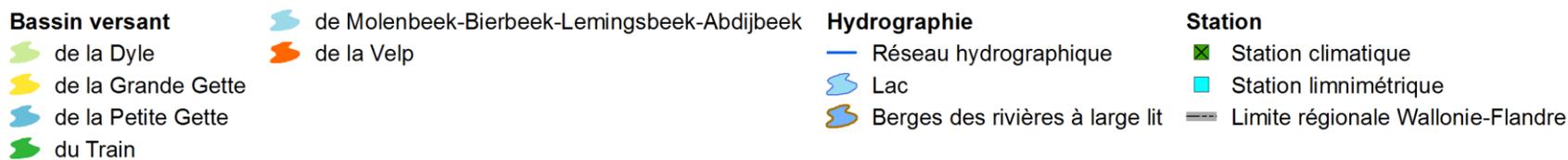
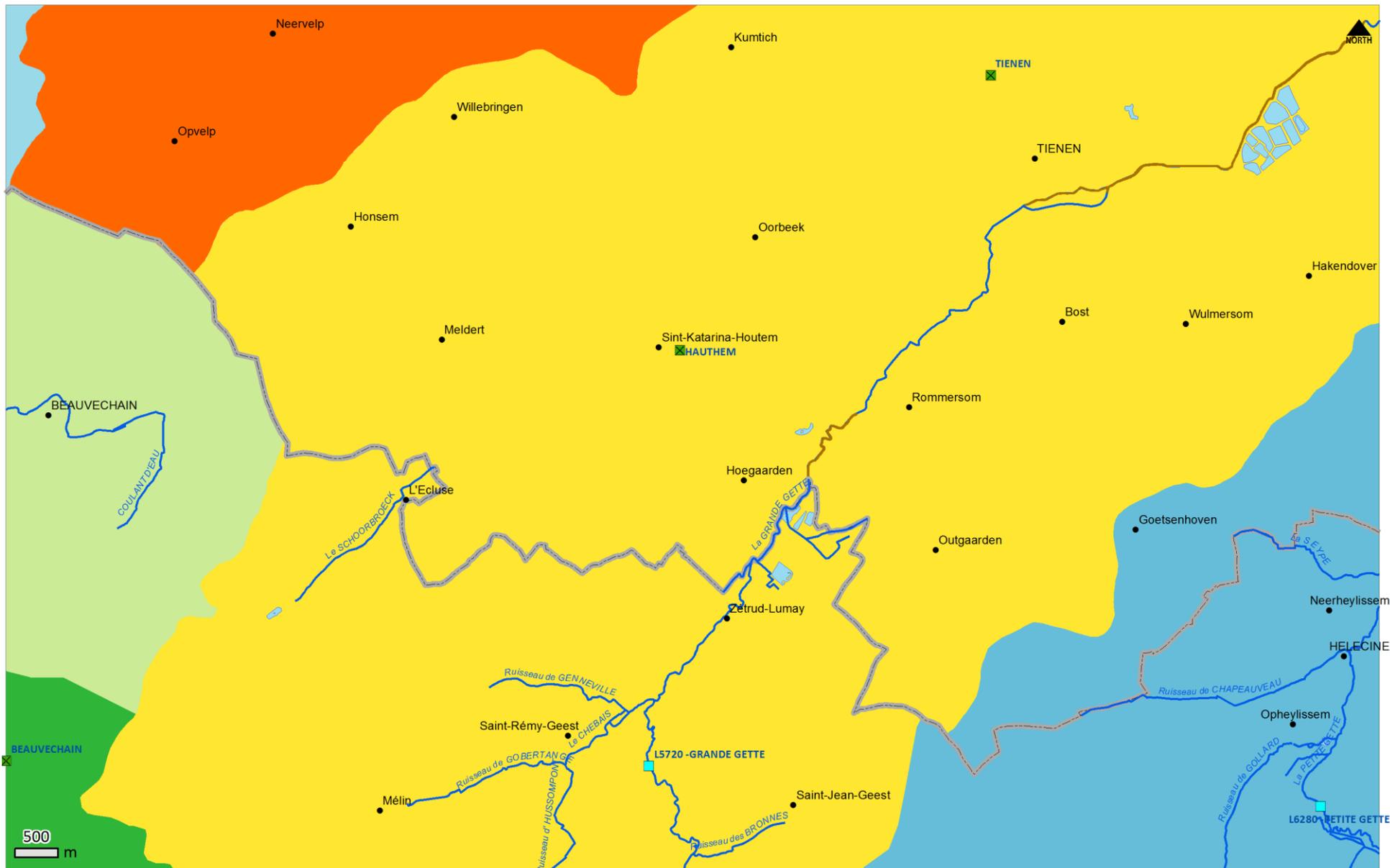


Figure II.1 : Réseau hydrographique et bassins versants principaux de la carte Meldert - Tienen.

III. CADRE GÉOLOGIQUE

III.1. CADRE GÉOLOGIQUE GÉNÉRAL

La région de Meldert - Tienen se situe au droit de l'épine dorsale du Massif du Brabant, dans sa partie orientale ou presque (Figure III.1). Ces terrains d'âge Paléozoïque inférieur sont recouvert par des sédiments d'âge Méso et Cénozoïque.

Le socle paléozoïque du Massif du Brabant est constitué de roches d'âge cambrien à silurien (Figure III.2), plissées et fracturées lors de l'orogénèse calédonienne, entre 400 et 430 millions d'années (Ma), puis aplani durant 200 Ma avant que ne se déposent les sédiments Méso-cénozoïque en discordance angulaire, au cours de transgressions marines successives. Ces derniers sont faiblement inclinés vers le nord.

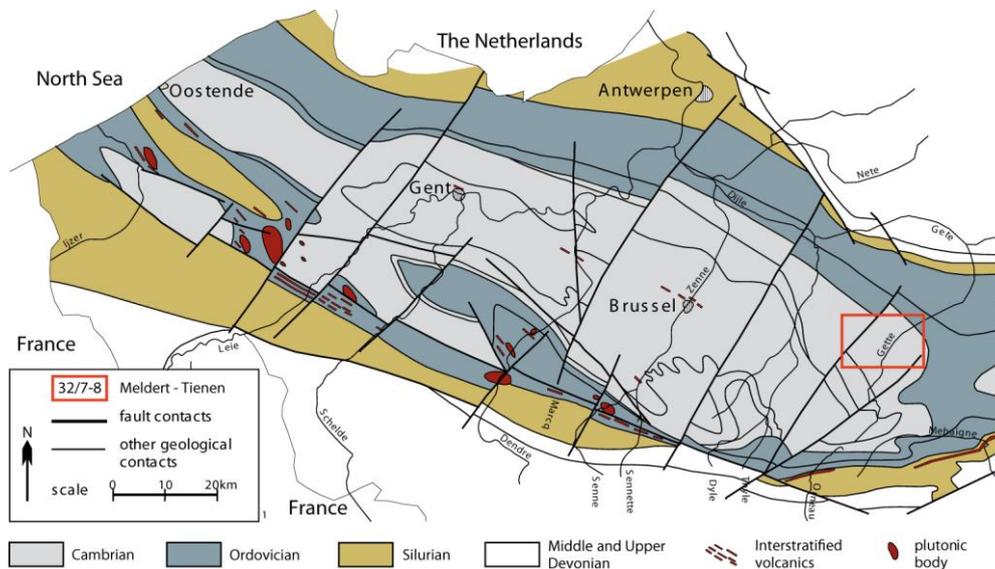


Figure III.1 : Localisation de la carte Meldert - Tienen sur l'écorché du Massif du Brabant (Herbosch, Debacker et Vernier, 2008, modifié).

Les roches du Massif du Brabant n'affleurent que très peu sur la carte Meldert - Tienen : elles ne sont visibles que sur un petit tronçon de la vallée de la Grande Gette, à Saint-Jean-Geest.

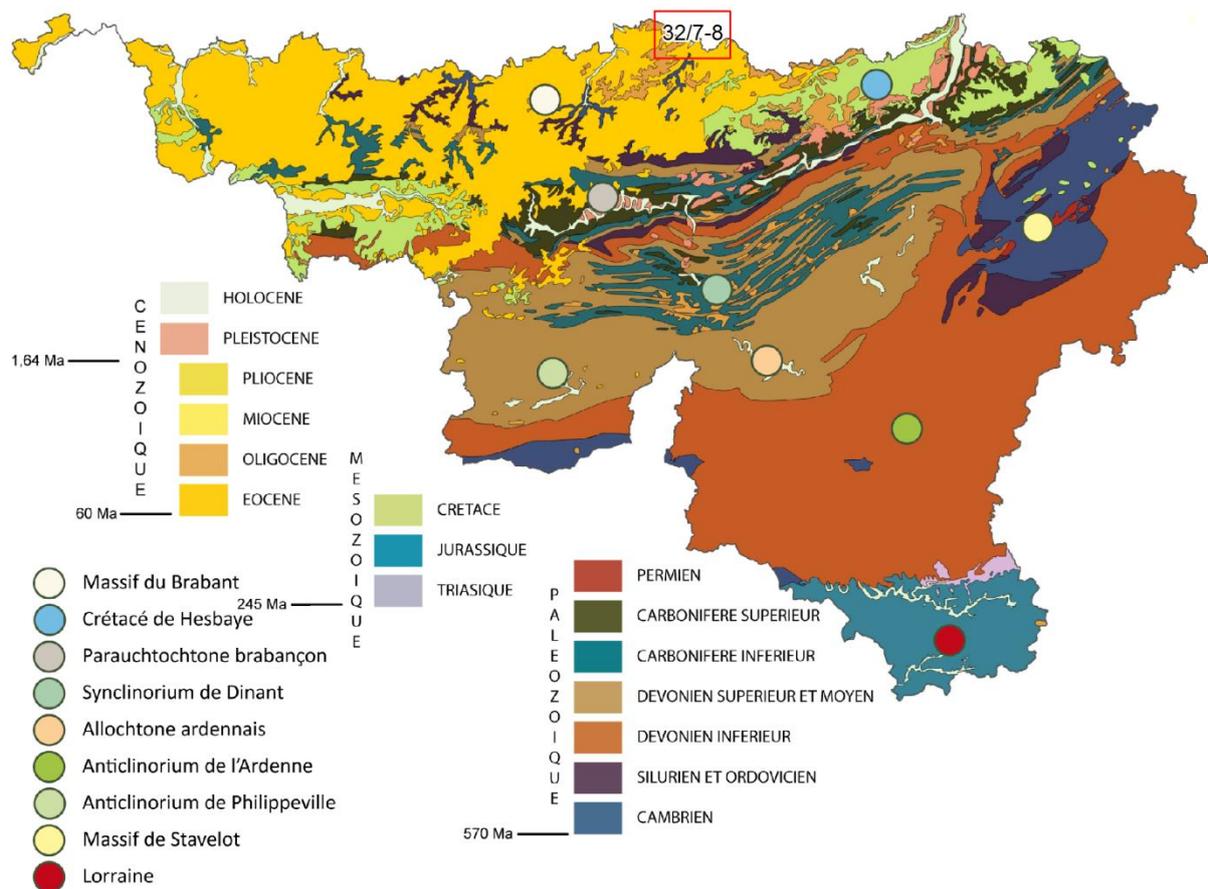


Figure III.2 : Localisation de la carte Meldert - Tienen dans le contexte géologique général de la Wallonie.

III.2. CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

A défaut d'une carte géologique publiée récente, la description de la géologie est tirée de l'ancienne carte géologique Meldert - Tienen dressée par E. Van den Broeck et A. Rutot (1894). Cette carte est utilisée comme document de référence pour la carte hydrogéologique puisqu'elle est la seule publiée à ce jour. Cependant, quand cela est possible, une corrélation est faite avec les nouvelles unités géologiques. La description lithologique de ces dernières est alors donnée et sont tirées de la notice explicative de la nouvelle carte géologique de Meldert – Tienen (Pingot, en préparation). Pour plus de clarté, les informations tirées de Pingot (En préparation) sont en italique.

Le **Tableau III.1** reprend les subdivisions géologiques utilisées dans la région de Meldert - Tienen. Rappelons que, pour les anciennes cartes géologiques, l'unité de base est l'"assise", celle-ci constituant une unité chronostratigraphique. Actuellement, les nouvelles cartes sont définies sur base de la "formation" qui constitue une unité lithostratigraphique.

Le sous-sol de la carte est composé de deux ensembles géologiques importants, séparés par une surface de discordance angulaire :

- Le socle paléozoïque du Massif du Brabant, constitué de terrains d'âge Cambrien à Silurien, plissés et fracturés lors de l'orogénèse calédonienne puis largement nivelé du Permien au Crétacé inférieur ;
- Une couverture méso-cénozoïque déposée dans des mers peu profondes, du Crétacé supérieur jusqu'au milieu du Cénozoïque.

III.2.1. Cadre lithostratigraphique

Les unités géologiques sont décrites, de la plus ancienne à la plus jeune, de manière non exhaustive ([Tableau III.1](#)). Seules sont précisées les informations nécessaires à l'hydrogéologie (lithologie, épaisseur). Pour de plus amples informations, il convient de se reporter aux divers documents repris dans la bibliographie en fin de notice.

III.2.1.1. Paléozoïque

Le Paléozoïque est représenté par les terrains du Massif du Brabant, d'âge Cambrien. Ces roches, bien que constituant le substratum de la carte, n'affleurent pratiquement pas.

III.2.1.1.1 Cambrien

Le Cambrien est constitué par le Revinien (Rv).

Le **Revinien** comprend des quartzites et phyllades tendant au séricitoschiste² et plus rarement au micaschiste à muscovite très fine avec linéoles de quartz bien accusées. Dans certains sondages, le Revinien se présente exclusivement sous la forme de phyllade s'altérant en argile. De la pyrite, très ténue, est présente en petits cristaux dispersés. On distingue parfois des straticules gréseuses.

*Ces roches sont à rattacher à la **Formation de Jodoigne** (Pingot, en préparation). Elle reposerait sur la Formation d'Oisquerq et serait surmontée par la Formation de Mousty. La Formation de Jodoigne n'affleure que dans la vallée de la Grande Gette, au sud de la carte, à l'ouest de Saint-Jean-Geest. Sur la carte, elle est représentée par de grès quartzitiques et des schistes micacés se délitant finement.*

² Roche métamorphique de faible degré, riche en petits cristaux de mica blanc disposés dans la schistosité et donnant à la surface un aspect satiné

Une description plus détaillée peut être trouvée dans la notice de la carte Jodoigne - Jauche (40/3-4), située au sud de cette carte.

Son épaisseur est difficile à évaluer, mais probablement comprise entre 3 000 et 4 000 m.

III.2.1.2. Mésozoïque

Le Mésozoïque est représenté par le Crétacé supérieur, qui n'est cependant connu qu'en sondage dans la partie nord de la carte.

Au Crétacé, le Massif du Brabant constitue un isthme séparant le Bassin de Mons, au sud-ouest - communiquant avec le Bassin de Paris - et le Bassin de Campine, au nord-est, lui-même ouvert sur le Bassin de Westphalie. Différentes transgressions crétacées viendront se briser sur ce seuil. Il en résulte que la sédimentation se révèle :

- peu épaisse ;
- incomplète (des retraits de la mer génèrent une succession de lacunes soulignées par des périodes érosives) ;
- formée de faciès littoraux ou marginaux caractérisés par d'importantes variations faciès.

III.2.1.2.1 Crétacé

Le Crétacé est constitué par l'Assise de Spiennes (Cp4) d'âge Campanien. Bien que cette unité géologique n'affleure pas sur la carte Meldert - Tienen, il s'agit d'un des aquifères importants de cette carte (voir à ce sujet le chapitre sur les masses d'eau souterraine [IV.1.1.2, p. 39](#)), c'est pourquoi elle sera traitée de la même manière que les autres unités géologiques.

L'Assise de Spiennes est formée d'une craie grossière, stratifiée régulièrement en banc épais peu fissurés. Du silex s'y rencontre abondamment en banc massifs continus de 10 à 60 cm d'épaisseur ou en gros rognons disséminés, souvent volumineux. Cette assise commence par un conglomérat formé de nodules phosphatés (Mourlon, 1880).

L'extension des craies est mal connue car sur la plupart de leur étendue elles n'ont été rencontrées qu'en sondage. Elles sont disposées en biseau incliné vers le nord, et vont en s'épaississant à mesure que le toit du Socle du Brabant s'abaisse.

ERE	SYSTÈME	SERIE	d'après la carte géologique de Van den Broeck et Rutot (1894)			d'après la notice explicative de Pingot J.-L. (En préparation)						
			Etage	Assise	Abréviation	Formation	Membre	Abréviation		Lithologie		
CENOZOÏQUE	QUATERNAIRE				Lim			LIM		Limon		
					alm			AMO		Alluvions modernes des vallées		
	PALEOGENE	OLIGOCENE		Rupélien	<i>Inférieure</i>	R1	Bilzen	<i>Berg</i>	BIZ	BEG	Cailloutis de base de silex + sable quartzeux fin parfois glauconieux	
				Tongrien	<i>Supérieure</i>	Tg2	Borgloon	<i>Boutersem</i>	BOG	BTS	Argile + niveau de lentilles sableuses	
		EOCENE		Bruxellien		B	Bruxelles			BXL		Sable (parfois très glauconieux, carbonaté ou décarbonaté) avec bancs de grès carbonaté ou non (discontinu ou continu) parfois lentilles de marne
				Yprésien		Yc	Kortrijk			KOR		Argile sableuse à silteuse parfois glauconieuse
			PALEOCENE		Landénien	<i>Supérieure</i>	L2	Tienen	<i>Dormaal</i>	TIE	DOR	Sable grenu à grossier/argile/grès quartzitique
						<i>Inférieure</i>	L1	Hannut	<i>Grandglise</i>		HAN	GRA
		Heersien					Hs	Heers	<i>Gelinden</i>	HER	LIN	Sable/sable argileux/argile/argile sableuse + niveaux de tuffeau plus ou moins épais
											OVV	Barres sableuses
										HER	MTK	Argile (parfois argile sableuse glauconieuse)
											ORP	Marne carbonatée plus ou moins argileuse
	MESOZOÏQUE	CRETACE	SUPERIEUR	Campanien	<i>Assise de Spiennes</i>	Cp4	Jauche			JAU	Craie grossière à silice	
Gulpen									GUL	Craie assez fine, parfois tendre, rarement graveleuse, contenant parfois un peu de glauconie et des silices. Parfois fragments de craie durcie phosphatée.		
PALEOZOÏQUE	CAMBRIEN		Revinien		Rv	Jodoigne		JOD	Grès quartzitiques et des schistes micacés			

Tableau III.1 : Tableau lithostratigraphique de la région de Meldert - Tienen d'après Van den Broeck et Rutot (1894) et Pingot (En préparation).

*Ce crétacé est principalement à rattacher à la **Formation de Gulpen** (GUL, Campanien à Maastrichtien supérieur, Pingot, en préparation) constituée d'une craie assez fine, parfois tendre, rarement graveleuse, contenant parfois un peu de glauconie et des silex. Certains sondages ont rencontré des fragments de craie durcie phosphatée. Son épaisseur, de l'ordre de 30 m dans la partie est et au centre de la carte, se réduit à des lambeaux de 4 à 5 m d'épaisseur vers l'ouest, sous Beauvechain (Pingot, en préparation).*

Un lambeau de craie, connu dans un seul sondage, sous la sucrerie de Tienen, appartiendrait à la Formation de Jauche (JAU, Maastrichtien tout à fait supérieur). Ce lambeau, épais de 4,6 m est composé d'une craie grossière à silex. Son extension latérale n'est pas connue.

III.2.1.3. Cénozoïque

Le Cénozoïque est représenté par le Paléogène (Paléocène, Eocène, Oligocène) et le Quaternaire.

III.2.1.3.1 Paléocène

Le Paléocène est formé de sédiments d'âge Heersien (Hs) et Landénien (L1 et L2).

Le **Heersien** est composé de sable fin glauconifère avec des niveaux de marne.

Ce Heersien est à rattacher à la Formation de Heers (HER, Pingot, en préparation). Cette formation n'affleure pas sur la carte et n'est connue qu'en sondage. Elle repose soit sur les sédiments crétacés, soit directement sur le socle du Massif du Brabant. Elle est divisée en deux membres :

- *Le Membre de d'Orp (ORP), à la base, est formé de sables de granulométrie fine, riche en glauconie et contenant de petits fragments de silex ;*
- *Le Membre de Gelinden (GEL), au sommet, est formé d'une marne riche en carbonate qui, par endroit peut se charger en argile.*

L'épaisseur de ces deux membres est variable tout comme leur faciès, même si généralement ces deux membres restent bien individualisés. A Hoegaarden, les 14,8 m du Membre d'Orp sont constituées d'une argile sableuse glauconieuse et sont surmontés par 2 m de marne du Membre de Gelinden. Au contraire, non loin de la

sucrierie de Tienen, les sables d'Orp ne font plus que 6 à 7 m tandis que la marne de Gelinden atteint 18 à 25 m. Cette marne peut également renfermer des silex crétacés, remaniés. A Opheylissem, la limite entre les deux membres est floue. La Formation de Heers atteint seulement 4,8 m d'épaisseur et ne renferme que 0,5 m de sable glauconieux (Orp) surmonté de 4,3 m d'argile sableuse plus ou moins carbonatée. D'autre sondage dans la même région indique des passées sableuses au sein des marnes.

L'épaisseur du Heersien atteint 35 m sous Tienen puis s'amenuise et disparaît à l'ouest de la carte.

L'**Assise inférieure du Landénien (L1)** affleure dans la partie est de la carte. Elle est composée de sable fin glauconifère avec quelques rares niveaux argileux.

Ce L1 peut être rattaché à la Formation de Hannut (HAN, Pingot, en préparation). Cette formation est divisée en 4 membres - de Montenaken, d'Overbroek, de Lincet et de Grandglise - dont seuls les deux derniers ont été reconnus sur le terrain, les deux autres n'affleurant pas.

Le **Membre de Montenaken**, (MTK), épais d'environ 2 m, est essentiellement argileux. Il peut se présenter sous forme d'argile sableuse glauconieuse à Hoegarden

Le **Membre d'Overbroek** (OVB), épais d'environ 4 m, est essentiellement formé de barres sableuses.

Le **Membre de Lincet** (LIN), qui atteint une puissance maximum de 48 m, présente de fortes variations de faciès sur cette carte :

- A Hélécine (est), il se présente encore sous sa forme tuffacée. A Hoegaarden, au centre de la carte, il se compose à sa base par un niveau de tuffeau conséquent surmonté de niveaux tuffacés séparés par des passées d'argile sableuse souvent glauconieuse. Au sommet les niveaux de tuffeau sont toujours très minces et deviennent sporadiques ;
- Jusqu'au sud de Tienen, le Membre de Lincet est surtout composé de sables argileux ou d'argiles dans lesquels les niveaux de tuffeau se rencontrent encore ;

- A Honsem, au NW de la carte, le Membre de Lincen est composé dans sa partie inférieure d'argile sableuse et dans sa partie supérieure de sable parfois un peu argileux ;
- Au sud de Beauvechain, ce membre débute par des sables glauconieux, accompagnés de fragments de grès, surmontés par des sables argileux puis des sables fins. Des concrétions ferrugineuses se rencontrent dans un niveau spécifiquement à cet endroit ;
- A Beauvechain ce membre débute par des grès surmontés par sables fins glauconieux. Il se distingue par la présence de bancs discontinus de tuffeau absent depuis Hoegaarden.
- Dans la vallée du ruisseau de Gobertange, vers Genneville, le Membre de Lincen se présente sous la forme d'un sable glauconieux très fin renfermant de petits bancs de grès tendre ;
- Dans le SE de la carte, ce membre deviendrait plus glauconieux et plus gréseux au détriment de sa composante carbonatée.

Le **Membre de Grandglise (GRA)**, épais de 6,5 m au maximum à Hoegaarden, est essentiellement sableux. Il peut présenter deux faciès différents :

- A Outgaarden notamment, il se présente sous la forme de sable à lits de glauconie et parfois à linéoles d'argile ;
- A Hoegaarden, on le rencontre sous forme de sable fin glauconieux, plus argileux à sa base, surmonté par des sables un peu plus grenus.

Des lits de lignite et des alternances de marne et d'argile sont également signalés dans la partie supérieure de ce membre.

L'**Assise supérieure du Landénien (L2)** est composée de sable fin, d'argiles à lignites avec bois silicifiés, de niveaux marneux et de grès dans sa partie supérieure.

Ce L2 peut être rattaché à la Formation de Tienen (TIE, Pingot, en préparation). Cette formation, principalement représentée par des sables et des argiles, se compose de 4 membres – de Knokke, de Loksbergen, d'Erquelines et de Dormaal - dont seul ce dernier est présent sur la carte Meldert – Tienen.

Le **Membre de Dormaal (DOR)** présente des variations de faciès qui constituent une des particularités de la carte Meldert – Tienen.

- Depuis l'est jusqu'au quartier Saint-Anne de Neerheylissem, ce membre est constitué par des sables grenus remplissant d'anciens chenaux fluviatiles ;
- Au nord de Neerheylissem, les chenaux fluviatiles s'estompent et les sables sont remplacés par sables grossiers surmonté d'argile ;
- Vers le nord, entre Diest et Tienen, les faciès argileux deviennent prépondérants et renferment fréquemment de la lignite et de l'ambre ;
- Au nord de la région de Hoegaarden-Outgaarden, le Membre de Dormaal débute par un gravier. Il est surmonté d'argiles à lignites, elles-mêmes surmontées par un banc de grès très siliceux dont la teneur en silice avoisine les 98 %. Ce banc de grès quartzitique est surmonté de sable à lignite contenant des fragments de bois silicifié ;
- A Hoegaarden ce membre est constitué par des silts et sables surmontés par des lignites contenant le niveau de grès quartzitique. Le sommet est constitué par de la boue silteuse à sableuse surmonté de silt.

Au nord de Hoegaarden la Formation de Tienen ne dépasse pas 3 m mais elle peut atteindre 13 m au sud de Hakendover au sein d'un ancien chenal fluviatile.

III.2.1.3.2 Eocène

L'Eocène est constitué de l'Yprésien et du Bruxellien.

Sur cette carte **l'Yprésien** (Yc) n'affleure que dans le Brabant flamand. Il s'agit de dépôts constitués d'argiles plastiques pouvant être sableuses à la base.

L'Yc peut être rattaché à la Formation de Kortrijk (KOR, Pingot, en préparation). Cette formation est constituée d'argile sableuse à silteuse et peut contenir de la glauconie, notamment au sud de Willebringen. Elle présente un caractère lenticulaire entre Beauvechain et Meldert. Dans la partie orientale de la carte (Ramshoven), il est possible qu'elle occupe de petits chenaux.

L'épaisseur de la Formation de Kortrijk varie de 0 à 12 m à Honsem, peut-être davantage au nord-ouest de la carte.

Le **Bruxellien** (B) est constitué de sables calcaireux et de sables glauconifères. On remarque également la présence de bancs de grès ainsi que la

présence de lits à cupules d'argiles. Cet étage est bien représenté sur la carte Meldert - Tienen, principalement dans la partie ouest de cette dernière.

Le Bruxellien peut être rattaché à la Formation de Bruxelles (BXL, Pingot, en préparation). Cette formation est essentiellement sableuse mais trois faciès peuvent être distingués.

- *A l'est, des sables contenant des bancs de grès discontinus, dépourvus de carbonate ;*
- *Sur la rive droite de la Grande Gette, le faciès carbonaté de Gobertange. La Formation de Bruxelles y débute par un gravier, surmonté de sables très glauconieux et renfermant parfois des lentilles marneuses. Ces sables sont surmontés par d'autres sables carbonatés et renfermant des bancs subcontinus de calcaire gréseux dits "Pierre de Gobertange". Ces niveaux contiennent jusqu'à 86 % de carbonates. Des alignements de concrétions siliceuses se rencontrent à plusieurs niveaux. On dénombre entre 15 à 26 bancs, épais de 10 à 40 cm, répartis sur 10 à 15 m de sable grenue ou induré. Le sommet de la formation peut être décarbonaté ;*
- *Vers l'ouest, à partir de l'Ecluse, des sables plus grossiers, généralement décarbonatés. Ils peuvent se charger en glauconie et renferment des fragments de grès et des concrétions ferrugineuses. A Beauvechain, ce faciès n'est pas complètement décarbonaté.*

L'épaisseur de la Formation de Bruxelles est variable, de 3 m à Outgaarden, elle peut atteindre 30 m à Beauvechain.

III.2.1.3.3 Oligocène

L'Oligocène est constitué du Tongrien³ (Tg) et du Rupélien (R).

L'Assise inférieure du Tongrien (Tg1) est composée de cailloux de silex à la base, suivis par des sables, peu ou pas glauconifères, au-dessus desquels viennent des sables fins argileux micacés. Ces derniers passent latéralement à des sables demi-fins non argileux. Elle s'achève par un sable micacé, glauconifère, finement stratifié (Horizon de Neerrepen).

³ Dans la nouvelle nomenclature, le Groupe de Tongeren est l'équivalent stratigraphique du Tongrien, terme tombé en désuétude

*Le Tg1 peut être rattaché à la **Formation de Sint-Huibrechts-Hern** (SHH, Pingot, en préparation). Cette formation débute par un gravier de base surmonté par des sables fins, micacés. A l'ouest de Zétrud-Lumay, la composante argileuse est nettement plus importante dans la partie supérieure de la formation. Cette formation s'étend principalement dans la partie nord-ouest de la carte.*

Son épaisseur atteint environ 12 m au nord de la carte.

L'Assise supérieur du Tongrien (Tg2) débute par un sable quartzueux suivi de glaises vertes plastiques avec des intercalations sableuses. Elle se termine par des sables et des marnes. Cette assise n'est présente que sporadiquement dans la partie flamande de la carte. Son épaisseur est faible et généralement inférieure à 2 m sur cette carte.

*Le Tg2 peut être rattaché à la **Formation de Borgloon** (BOG, Pingot, en préparation). Cette formation est divisée en de nombreux membres mais seul le **Membre de Boutersem (BTS)** est présent sur la carte Meldert – Tienen.*

*Le **Membre de Boutersem** est constitué d'argile plastique renfermant des niveaux de lentilles sableuses. A Beauvechain ce membre se réduit à 0,5 à 1 m d'argile. L'épaisseur de ce membre est de 2 à 3 m au maximum.*

L'Assise inférieure du Rupélien (R1) n'affleure que très peu à l'extrême nord de la carte, en Brabant flamand. Cette assise commence par un niveau de silex roulés, surmonté par des sables quartzueux, parfois micacés, où s'intercale une couche d'argile sableuse.

*Le R1 peut être rattaché à la **Formation de Bilzen** (BIZ, Pingot, en préparation). Cette formation comprend 3 membres (de Berg, de Kleine-Spouwen et de Kerniel) dont seul le **Membre de Berg** est représenté sur la carte.*

*Le **Membre de Berg** (BEG) débute par un cailloutis de base de silex aplatis, surmonté par un sable quartzueux, fin parfois glauconieux. L'épaisseur de ce membre est d'environ 1 m à Sint-Katarina-Houtem et atteint plus ou moins 5 m dans la sablière de Lindeveld à l'est de Willebringen.*

III.2.1.3.4 Quaternaire

Le Quaternaire est représenté par les limons et les alluvions des vallées.

Les **limons** (LIM), datant du Pléistocène supérieur, recouvrent pratiquement toute la région. *Ils sont principalement composés de grains de carbonates, de quartz*

et de feldspath, de granulométrie comprise entre 20 et 40 µm. Ils sont généralement décalcifiés sur une épaisseur de 2,5 m et la moitié supérieure s'est enrichie de 30 % d'argile au cours de l'Holocène.

Ils ont une épaisseur variable, faible dans le coin SE de la carte, elle augmente vers l'est et le nord où elle peut atteindre au moins 13 m.

Les **alluvions modernes** (AMO) couvrent des surfaces peu étendues. Elles sont composées d'un à plusieurs lits de galets, de sables et d'argiles superposés de façon irrégulière. L'épaisseur et la granulométrie des alluvions sont très hétérogènes, aussi bien horizontalement que verticalement.

III.2.2. Cadre structural

Les terrains de la carte Meldert - Tienen se répartissent en deux ensembles séparés par une surface de discordance angulaire :

- Le socle cambro-silurien, plissé et faillé ;
- La couverture méso-cénozoïque monoclinale.

III.2.2.1. Structure du socle paléozoïque

La carte 32/7-8 se situe au niveau des terrains cambriens (écaille cambrienne sur la **Figure III.3** de l'unité structurale du Massif du Brabant). A l'échelle régionale, le modèle simple du Massif du Brabant formé d'un anticlinal à cœur cambrien (De Vos & al., 1993) doit être actualisé, suite à des travaux récents multidisciplinaires où interviennent la modélisation de la déformation et l'analyse de signaux géophysiques.

Sur base du contraste des styles tectoniques, il apparaît que le cœur cambrien du Massif du Brabant est découplé de sa bordure ordovico-silurienne (Sintubin & Everaerts, 2002). La partie centrale du Massif du Brabant constituerait une écaille expulsée ("pop-up" dans la terminologie anglo-saxonne) (**Figure III.3**) où les couches sont très redressées, la schistosité subverticale et où apparaissent surtout des plis à fort ennoyage (Sintubin & al., 2002 ; Debacker & al., 2005). Ce domaine central serait limité par deux linéaments : au nord, le linéament de Tienen et au sud-ouest, le linéament d'Asquemont. La bordure méridionale ordovico-silurienne du massif montre pour sa part des plis à ennoyage nettement plus faible et une schistosité à pendage nord.

Ces observations permettent d'imaginer un modèle de collision avec une écaïlle cambrienne très tectonisée, serrée entre des blocs rigides formés par le socle précambrien (ou un éventuel batholite) et un système d'"échappement latéral" vers l'est (Figure III.3), où coexisteraient cisaillements et zones de charriage (Sintubin, 1999 ; Sintubin & Everaerts, 2002).

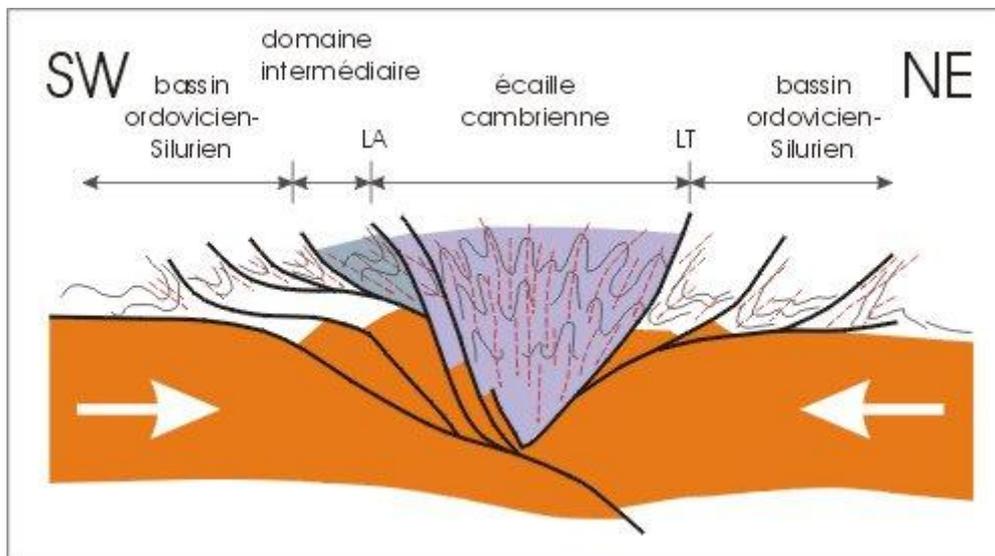


Figure III.3 : modèle tectonique du Massif du Brabant, la carte Meldert - Tienen se situe au niveau de l'écaïlle cambrienne ; d'après Sintubin & Everaerts (2002), modifié. LA = Linéament d'Asquemont; LT = Linéament de Tienen (source : Boulvain et Pingot, 2011).

III.2.2.2. Structure de la couverture et paléotopographie du socle cambro-silurien

Les dépôts méso-cénozoïques se superposent, avec un léger pendage nord, sur le socle paléozoïque imparfaitement aplani. Ces différents dépôts sont souvent limités par des surfaces d'érosion. Les terrains mésozoïques du Campanien, bien que présents à l'ouest et à l'est, n'affleurent pas sur la carte Meldert - Tienen (voir coupe hydrogéologique).

L'allure générale du socle paléozoïque montre une inclinaison du nord vers le sud. Au sud sa cote est de l'ordre de 60 m ; elle atteint -70 m au nord-est de la carte (voir carte des isohypses).

IV. CADRE HYDROGÉOLOGIQUE

IV.3. DESCRIPTION DES UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES

A l'échelle de la Wallonie, la carte de Meldert - Tienen se situe à cheval sur trois unités aquifères principales (Figure IV.1) :

- le "Socle cambro-silurien et le Massif schisto-gréseux du Dévonien (Primaire)" ;
- les "Craies du Secondaire Crétacé" ;
- les "Sables du Tertiaire".

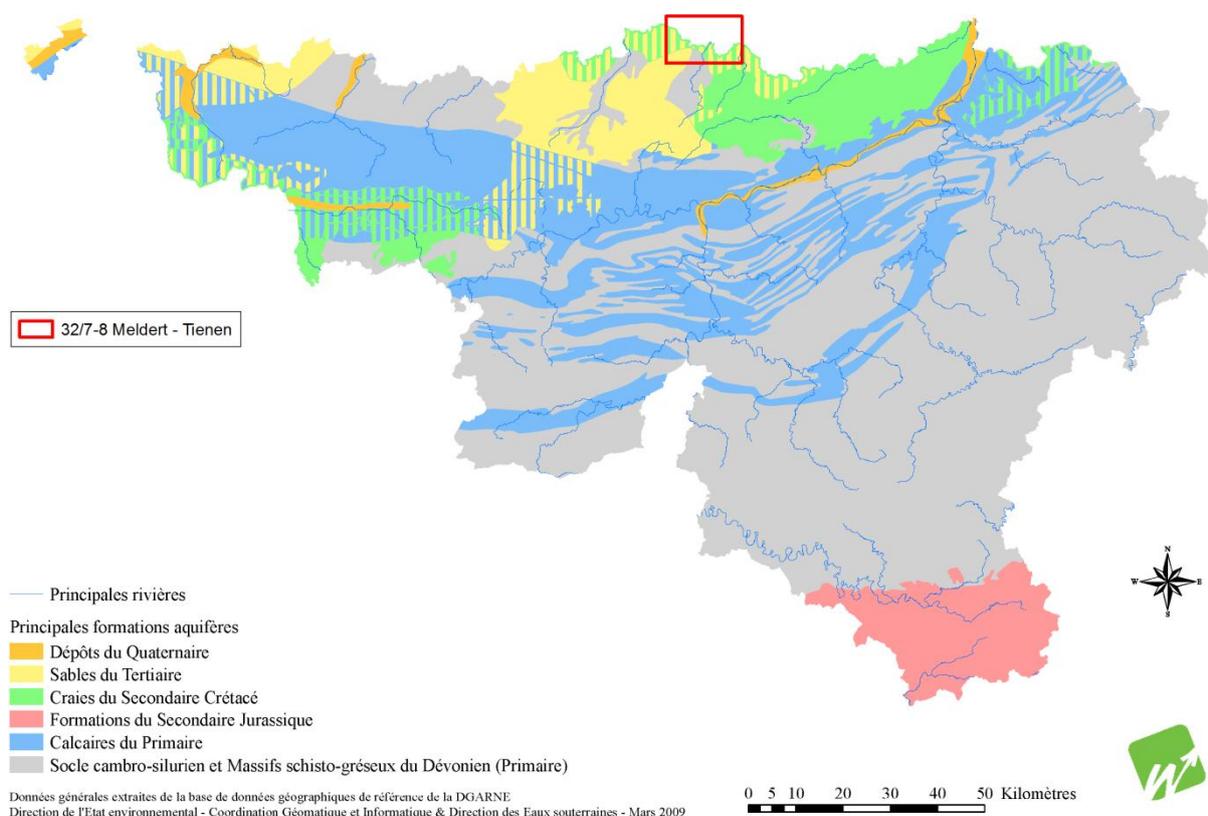


Figure IV.1 : Les principales formations aquifères de Wallonie et localisation de la planchette Meldert - Tienen (Etat des nappes d'eau souterraines, modifié, http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/figures/c1_3.gif).

Le "**Socle cambro-silurien**" affleure en quatre régions de l'Ardenne (Massifs de Rocroi, de Stavelot, de Serpont et de Givonne) ainsi qu'au nord dans le Massif du Brabant. Les formations sont principalement constituées de schistes, phyllades, quartzophyllades et quartzites fissurés. C'est en général là où les roches ont subi une altération naturelle ancienne que l'aquifère est le plus productif et peut dès lors être exploité. C'est le cas dans les vallées de la Dyle et de la Senne dans le Brabant, et essentiellement dans les bassins amonts de l'Amblève et de la Vesdre en Ardenne. Au nord de la Région wallonne, la nappe du Socle cambro-silurien du

Brabant est captive ou partiellement en continuité hydraulique avec les cailloutis de base du Landénien et du Crétacé. La zone d'alimentation de cette nappe est située dans le bassin supérieur de la Dendre et dans le Brabant méridional.

A l'échelle de la Wallonie, les "**Craies du Secondaire Crétacé**" comprennent les nappes :

- des craies de Hesbaye, délimitées par les vallées de la Meuse, de la Meuse et du Geer ;
- des craies du Brabant et des deux Flandres, captives sous couverture cénozoïque ;
- des craies du Pays de Herve, encadrées par la Meuse et la Vesdre ;
- du Crétacé indifférencié du Pays de Herve ;
- des craies du Bassin de Mons. Ces dernières se situent dans la dépression du Bassin de la Haine, cuvette comblée localement par plus de 300 m de sédiments d'âge Crétacé. L'aquifère est composé d'un ensemble de formations carbonatées plus ou moins perméables. C'est un aquifère majeur qui se prolonge à l'ouest, au-delà de la frontière française dans le bassin de l'Escaut ;
- du Crétacé indifférencié du Hainaut.

Les "**Sables du Tertiaire**" comprennent :

- les sables du Bruxellien : La formation des sables bruxelliens est constituée de sables, de concrétions gréseuses et de sables et grès calcarifères. Il s'agit d'un aquifère de porosité de pores essentiellement. La zone d'alimentation de la nappe est très étendue (+/- 1 400 km² dans la partie septentrionale) ;
- les sables du Landénien et de l'Yprésien. Tout comme les sables Bruxelliens, il s'agit d'aquifères de porosité de pores.

Au niveau de la planche Meldert - Tienen, les eaux souterraines sont présentes dans toutes les unités géologiques de la carte. Leur comportement et leur productivité sont cependant fortement conditionnés par la nature et la structure de la roche dans laquelle l'eau est stockée. C'est pourquoi les unités géologiques sont, si nécessaire, regroupées en unités hydrogéologiques, chacune étant caractérisée par un comportement hydrodynamique qui lui est propre.

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

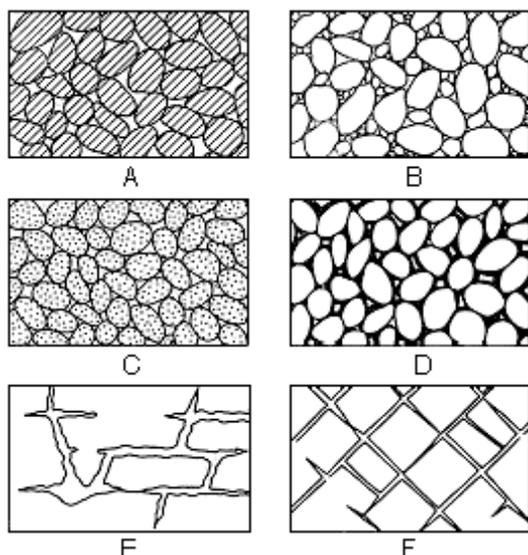
- **Aquifère** : formation perméable permettant d'exploiter de grandes quantités d'eaux souterraines;
- **Aquitard** : formation semi-perméable dans laquelle l'écoulement se fait à une vitesse plus réduite que dans un aquifère. Son exploitation est possible mais de capacité limitée ;
- **Aquiclude**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

Ces définitions assez subjectives sont à manipuler avec précaution. Elles sont utilisées ici afin de renseigner, à une échelle régionale, sur le caractère globalement perméable, semi-perméable ou imperméable d'un ensemble de couches géologiques. Elles donnent une idée du potentiel économique que représentent les différentes unités hydrogéologiques en termes d'exploitation. Elles se basent principalement sur la description lithologique de ces unités. Certaines unités géologiques voient leur faciès changer latéralement, c'est pourquoi une même unité géologique peut être qualifiée d'aquifère sur une carte et d'aquitard ou aquiclude sur une autre.

De manière générale c'est la porosité efficace (la capacité pour une roche saturée de libérer un fluide par drainage gravitaire) et la perméabilité, proportionnelle à la granulométrie des grains, qui va déterminer le caractère plus ou moins aquifère d'une roche ([Tableau IV.1](#)). Les roches cohérentes sont, en principe, imperméables. Néanmoins, la fissuration, l'altération ou la dissolution peuvent modifier leur perméabilité ([Figure IV.2](#)) :

- La fracturation crée un réseau de fractures au sein duquel l'eau peut circuler ;
- L'altération des roches induit des comportements différents selon leur lithologie. Trois comportements principaux se présentent :
 1. La roche est un carbonate : l'altération entraîne une dissolution de la roche et un agrandissement du réseau de fractures existant. La perméabilité est donc augmentée ;
 2. La roche est un grès : l'altération donne du sable, ce dernier présente une plus grande porosité efficace et une bonne perméabilité ;

3. La roche est un shale/schiste : l'altération donne une argile qui colmate le réseau de fractures. La perméabilité est diminuée.



A, Roche sédimentaire de granulométrie triée, porosité élevée ; B, roche sédimentaire de granulométrie mal triée, porosité faible ; C, roche sédimentaire de granulométrie triée et constituée de grains poreux, porosité très élevée ; D, roche sédimentaire de granulométrie triée mais dont la porosité est diminuée par une précipitation minérale dans les interstices ; E, roches cohérentes rendues poreuses par dissolution ; F, roches cohérentes rendues poreuses par fracturatio. (Meinzer, 1923).

Figure IV.2 : Différents types de porosité dans les roches meubles et cohérentes.

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

Tableau IV.1 : Exemple de porosité totale, porosité efficace et perméabilité des principaux types de roches.

Les unités hydrogéologiques définies pour la carte Meldert - Tienen sont décrites ci-dessous dans l'ordre stratigraphique, de la plus ancienne à la plus jeune. Elles sont reprises de manière synthétique dans le [Tableau IV.2](#).

			d'après la carte géologique de Van den Broeck et Rutot (1894)			d'après la notice explicative de Pingot J.-L. (En préparation)								
ERE	SYSTÈME	SERIE	Etage	Assise	Abréviation	Formation	Membre	Abréviation		Lithologie	Unités hydrogéologiques	Epaisseur (m)		
CENOZOÏQUE	QUATERNAIRE				Lim			LIM		Limon	Aquitard limoneux (représenté sur la coupe exagérée uniquement)	0 à 13 au moins		
					alm			AMO		Alluvions modernes des vallées	Aquifère alluvial	?		
	PALEOGENE	OLIGOCENE	Rupélien		Inférieure	R1	Bilzen	Berg	BIZ	BEG	Cailloutis de base de silex + sable quartzeux fin parfois glauconieux	Aquifère des sables de l'Oligocène	1 à 5	
					Supérieure	Tg2	Borgloon	Boutersem	BOG	BTS	Argile + niveau de lentilles sableuses		2 à 3	
			Tongrien	Inférieure	Tg1	Sint-Huibrechts-Hern		SHH		Sable fin micacé avec composante argileuse variable	jusqu'à 12			
		EOCENE		Bruxellien			B	Bruxelles		BXL		Sable (parfois très glauconieux, carbonaté ou décarbonaté) avec bancs de grès carbonaté ou non (discontinus ou continus) parfois lentilles de marne	Aquifère des sables de l'Eocène	3 à 30
							Yprésien	Yc	Kortrijk		KOR		Argile sableuse à silteuse parfois glauconieuse	Aquiclude-aquitard des argiles de l'Eocène
		PALEOCENE	Landénien			Supérieure	L2	Tienen	Dormaal	TIE	DOR	Sable grenu à grossier/argile/grès quartzitique	Aquifère à niveaux aquicludes du Paléocène	2 à 13
						Inférieure	L1	Hannut	Grandglise	HAN	GRA	Sable	Sable/sable argileux/argile/argile sableuse + niveaux de tuffeau plus ou moins épais	Aquifère des sables du Paléocène
						Lincent	LIN	Barres sableuses	jusqu'à 48					
						Overbroek	OVB				~4			
					Montenaken	MTK	Argile (parfois argile sableuse glauconieuse)	~2						
	Heersien						Hs	Heers	Gelinden	HER	GEL	Marne carbonatée plus ou moins argileuse		0 à 35
Orp		ORP							Sable fin riche en glauconie + petits fragments de silex					
MESOZOÏQUE	CRETACE	SUPERIEUR	Campanien	Assise de Spiennes	Cp4	Jauche		JAU		Craie grossière à silex	Aquifère des craies du Crétacé (représenté sur la coupe exagérée uniquement)	4 à 33 au moins		
						Gulpen		GUL		Craie assez fine, parfois tendre, rarement graveleuse, contenant parfois un peu de glauconie et des silex. Parfois fragments de craie durcie phosphatée.				
PALEOZOÏQUE	CAMBRIEN		Revinien		Rv	Jodoigne		JOD		Grès quartzitiques et des schistes micacés	Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien	3 000 à 4 000		

Tableau IV.2 : Tableau de correspondance géologie – hydrogéologie de la carte Meldert – Tienen d'après Van den Broeck et Rutot (1894) et Pingot (En préparation).

IV.3.1. Paléozoïque

IV.3.1.1. Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien

L'Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien est constitué, ici, exclusivement du Revinien (Rv), essentiellement de composition schisteuse, gréseuse ou quartzitique. Il a globalement un comportement très peu perméable mais les niveaux quartziques et gréseux, lorsqu'ils sont fracturés ou altérés constituent des aquifères.

Cet aquifère n'affleure qu'aux environs de Saint-Jean-Geest dans la vallée de la Grande Gette (Figure IV.3).

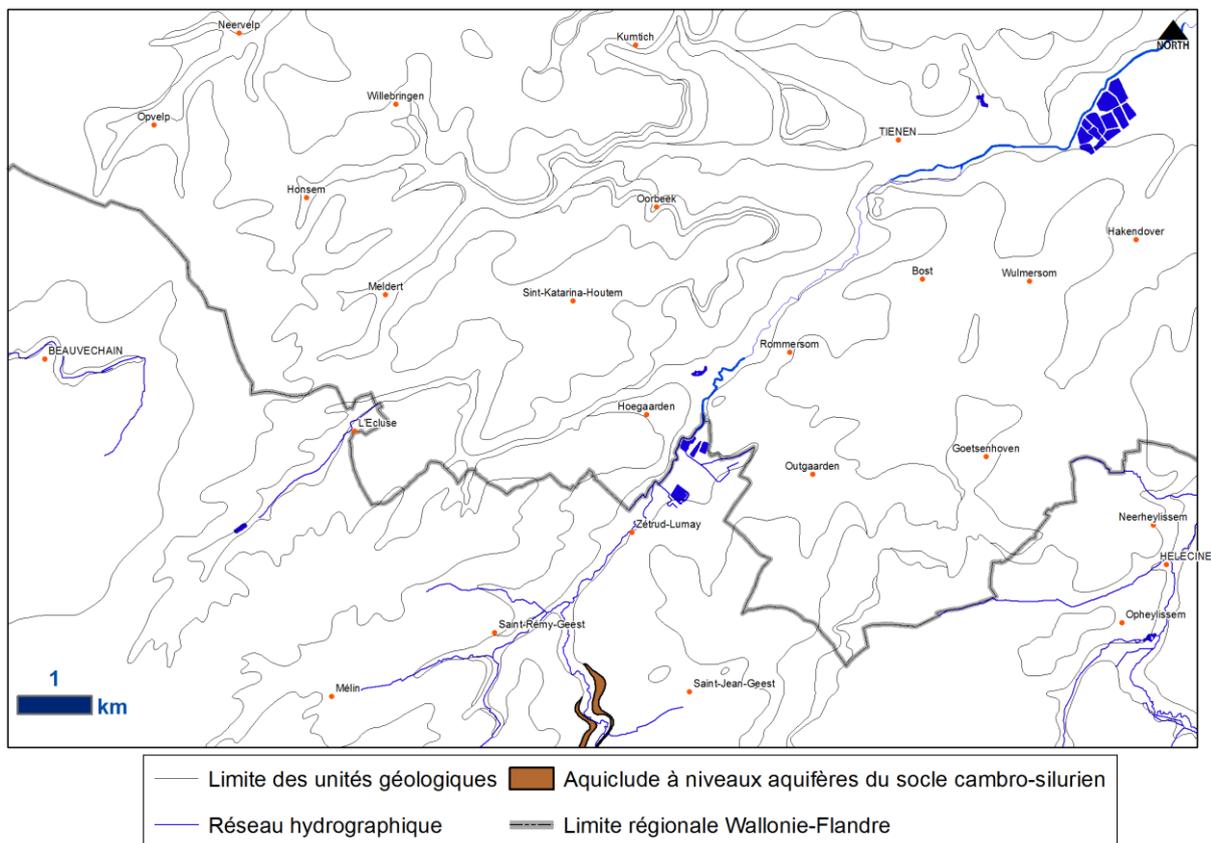


Figure IV.3 : Localisation des zones d'affleurement de l'Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien sous la couverture des limons.

IV.3.2. Mésozoïque

Les craies du Crétacé supérieur (Campanien) constituent un aquifère de fissures et de pores. L'eau y circule principalement dans les joints et les diaclases.

IV.3.2.1. Aquifères des Craies du Crétacé

L'Aquifère des craies du Crétacé est formé par l'Assise de Spiennes, crayeuse. Cet aquifère, qui n'affleure pas sur la carte Meldert - Tienen, est connu uniquement par sondages.

La perméabilité et la porosité de la craie varient fortement selon l'échelle de grandeur (Dassargues, A. & Monjoie, A., 1993) :

- à l'échelle microscopique (cm), la craie est un matériau légèrement compact dont la porosité atteint 40 %. Ceci ne permet qu'une faible et lente circulation de l'eau (conductivité hydraulique de l'ordre de 1.10^{-9} m/s). L'eau contenue dans une telle roche n'est que très difficilement libérée, sauf au travers de microfissures qui augmentent localement la perméabilité de la craie. Cette porosité de pore favorise principalement le stockage de l'eau qui peut ensuite s'écouler via les fissures ;
- à l'échelle macroscopique (m), des réseaux de fissures, plus ou moins importants, élèvent de façon significative la conductivité hydraulique ($\sim 1.10^{-4}$ m/s). La porosité efficace liée aux fissures représente environ 5 % d'eau facilement mobilisable ;
- à l'échelle de la nappe (km), les zones faillées augmentent encore la perméabilité qui peut atteindre 1.10^{-3} m/s. La porosité efficace de fissures est alors de 10 à 15 %. D'autre part, lors du creusement des galeries captantes de Hesbaye, des conduits karstiques d'ouverture centimétrique ont été recoupés. Les fortes perméabilités et porosités peuvent également être mesurées au sommet des craies, du fait de la forte altération par dissolution, notamment dans la zone de battement de la nappe.

IV.3.3. Cénozoïque

IV.3.3.1. Aquifère des sables du Paléocène

L'Aquifère des sables du Paléocène est constitué du Heersien (Hs) et du Landénien inférieur (L1). Ces deux unités sont majoritairement composées de sables fins dont la perméabilité peut être qualifiée de mauvaise (Tableau VII.1, p. 97). Les niveaux argileux et marneux viennent localement diminuer la perméabilité. Cet aquifère est présent sur l'ensemble de la carte mais n'affleure que dans sa partie est (Figure IV.4).

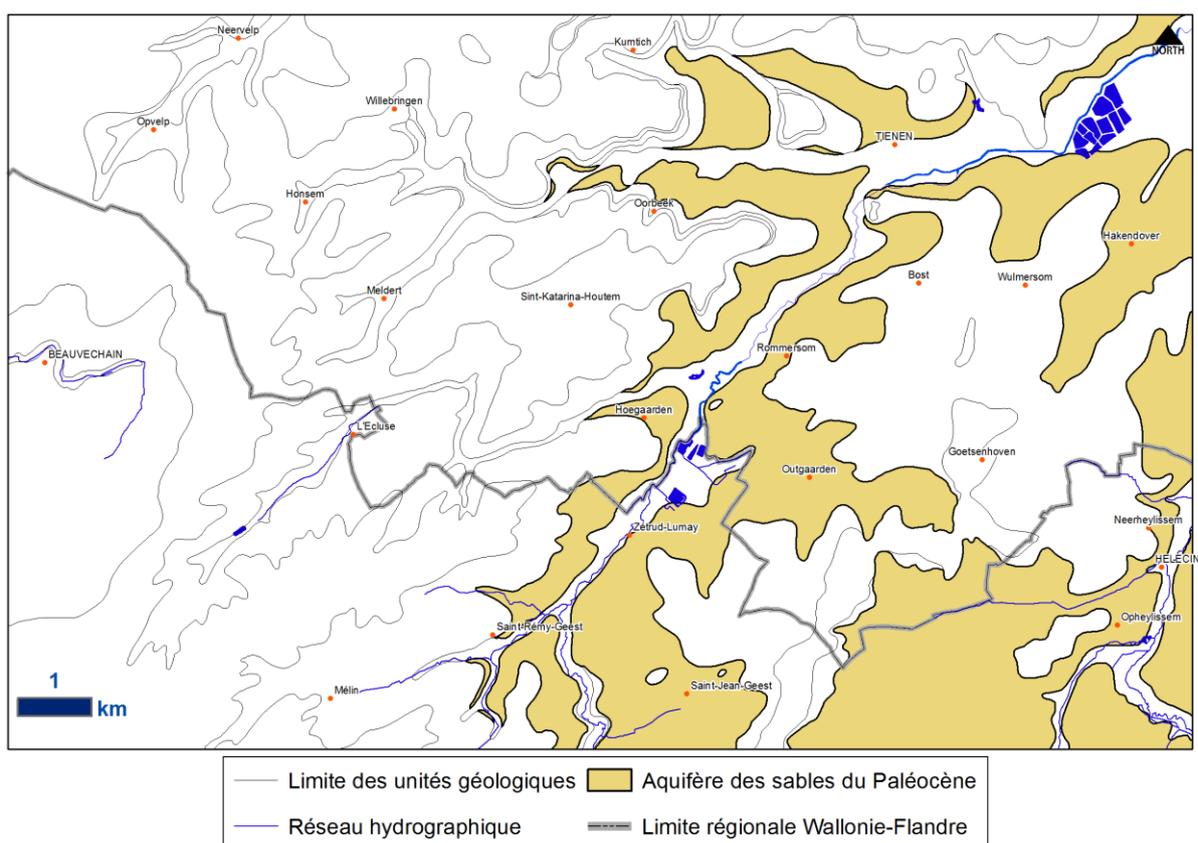


Figure IV.4 : Localisation des zones d'affleurement de l'Aquifère des sables du Paléocène sous la couverture limoneuse.

IV.3.3.2. Aquifère à niveaux aquicludes du Paléocène

L'Aquifère à niveaux aquicludes du Paléocène (Figure IV.5) est constitué du Landénien supérieur (L2). Cette unité est composée en très grande partie de sables fins (perméabilité mauvaise, Tableau VII.1, p. 97) et de grès dont la perméabilité est bonne, s'ils sont fissurés, mais ils peuvent contenir d'épais niveaux d'argiles dont la perméabilité est nulle (Tableau VII.1, p.97).

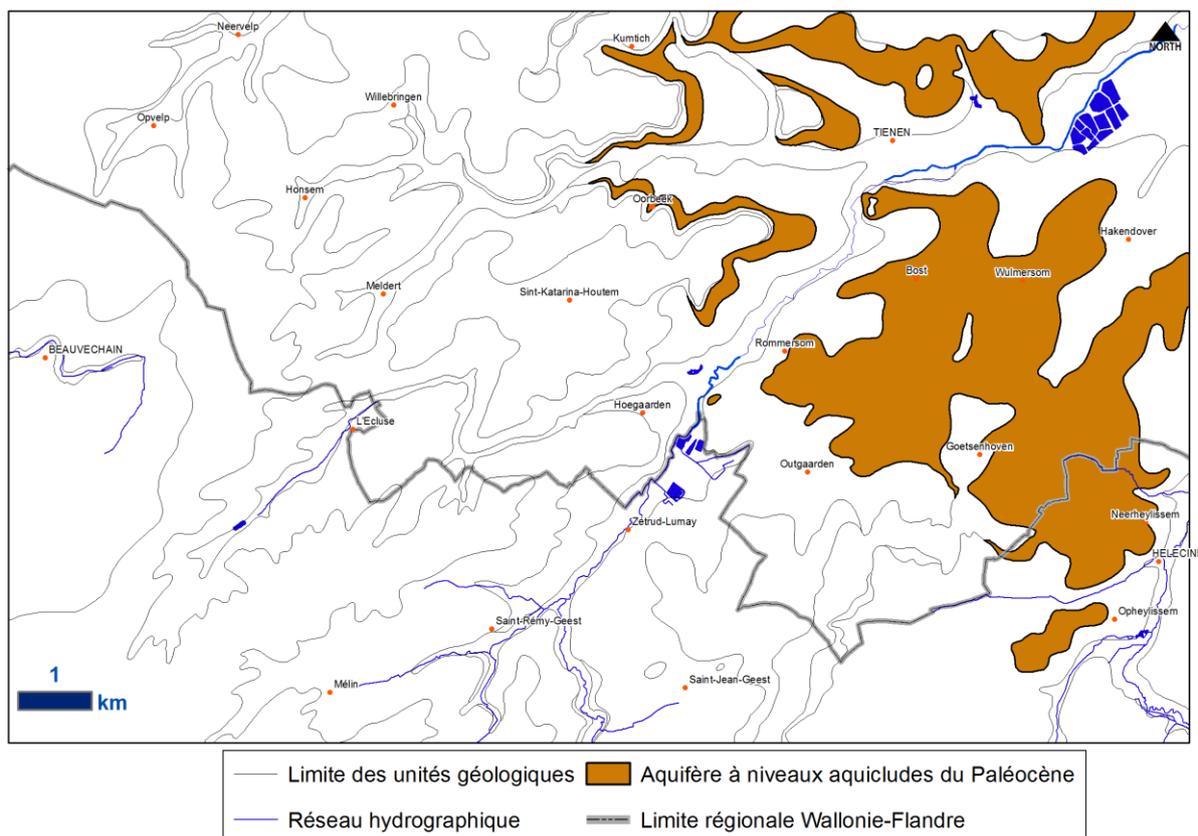


Figure IV.5 : localisation des zones d'affleurement de l'Aquifère à niveaux aquicludes du Paléocène sous la couverture limoneuse.

IV.3.3.3. Aquiclude-aquitard des argiles de l'Eocène

L'Aquiclude-aquitard des argiles de l'Eocène (Figure IV.6) est constitué de l'Yprésien (Yc), composé d'une argile, dont la perméabilité est nulle (Tableau VII.1, p. 97), mélangé à une proportion plus ou moins importante de sable, plus perméable. Cette composante sableuse est hétérogène, ce qui rend difficile une classification hydrogéologique précise, c'est pourquoi le terme aquiclude-aquitard a été choisi.

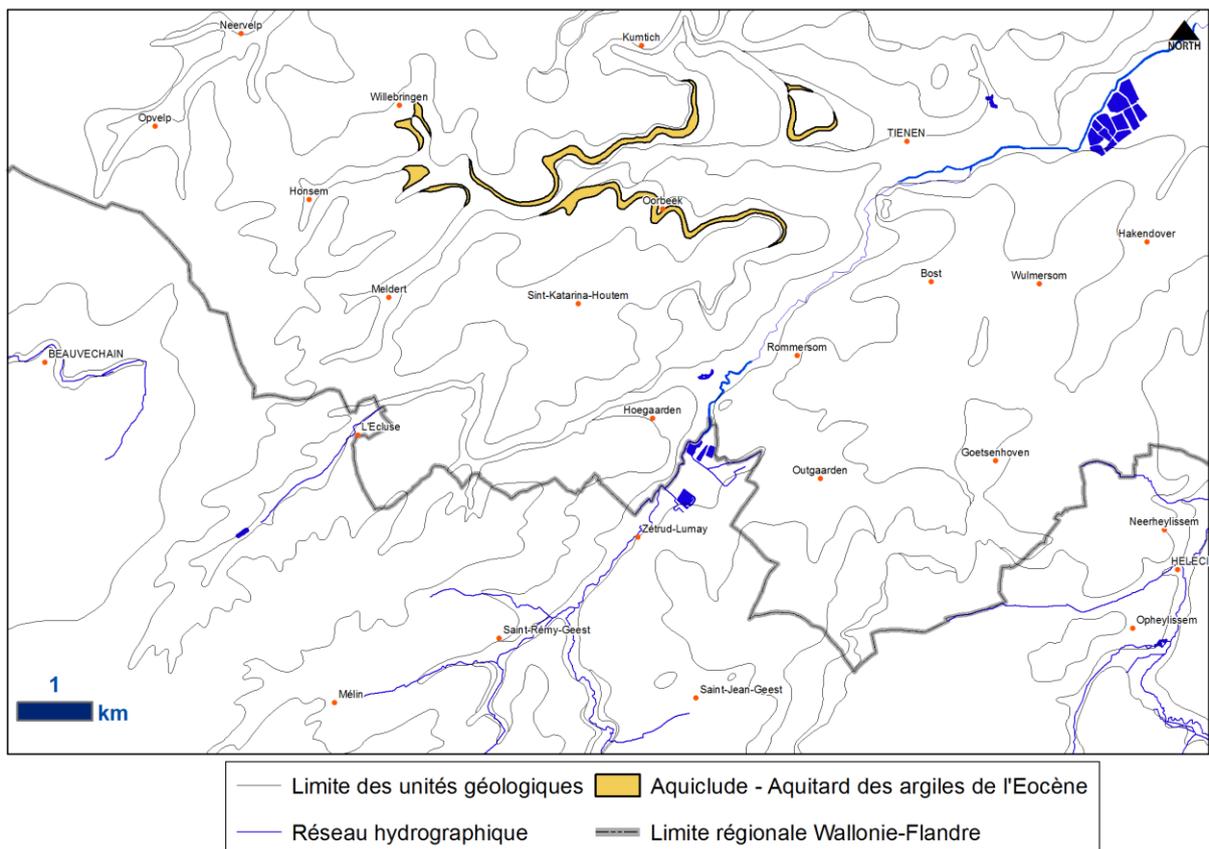


Figure IV.6 : Localisation des zones d'affleurement de l'Aquiclude-aquitard des argiles de l'Eocène sous la couverture limoneuse.

IV.3.3.4. Aquifère des sables de l'Eocène

L'Aquifère des sables de l'Eocène est constitué du Bruxellien (B) (Figure IV.7). Cette unité est principalement sableuse, avec une granulométrie allant de sables fins à grossiers. On observe également des bancs de grès et quelques rares passées de marnes à la base. La perméabilité peut être qualifiée de bonne à mauvaise (Tableau VII.1, p. 97).

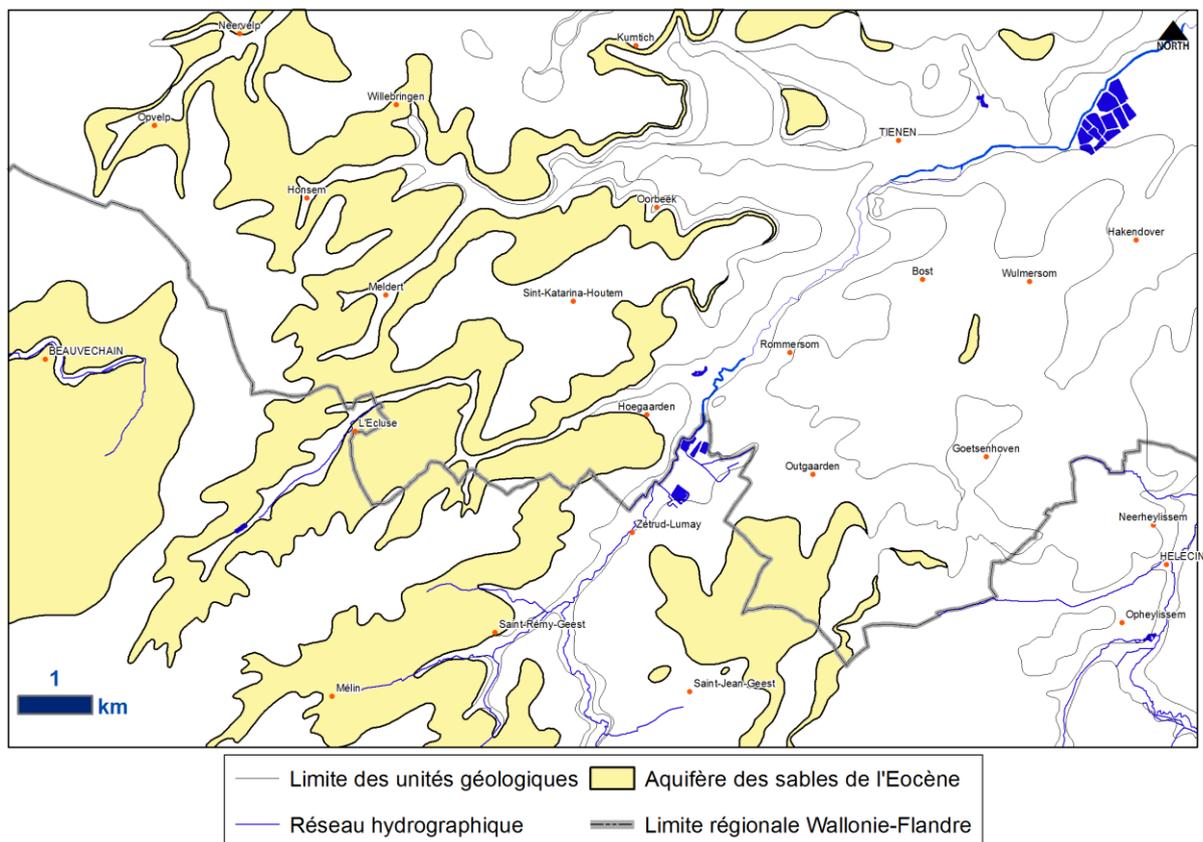


Figure IV.7 : Localisation des zones d'affleurement de l'Aquifère des sables de l'Eocène sous la couverture limoneuse.

IV.3.3.5. Aquifère des sables de l'Oligocène

L'Aquifère des sables de l'Oligocène (Figure IV.8) est constitué du Tongrien (Tg) et du Rupélien inférieur (R1). Ces unités sont formées essentiellement de sables de granulométrie variée dont la perméabilité peut être qualifiée de mauvaise à bonne (Tableau VII.1, p. 97).

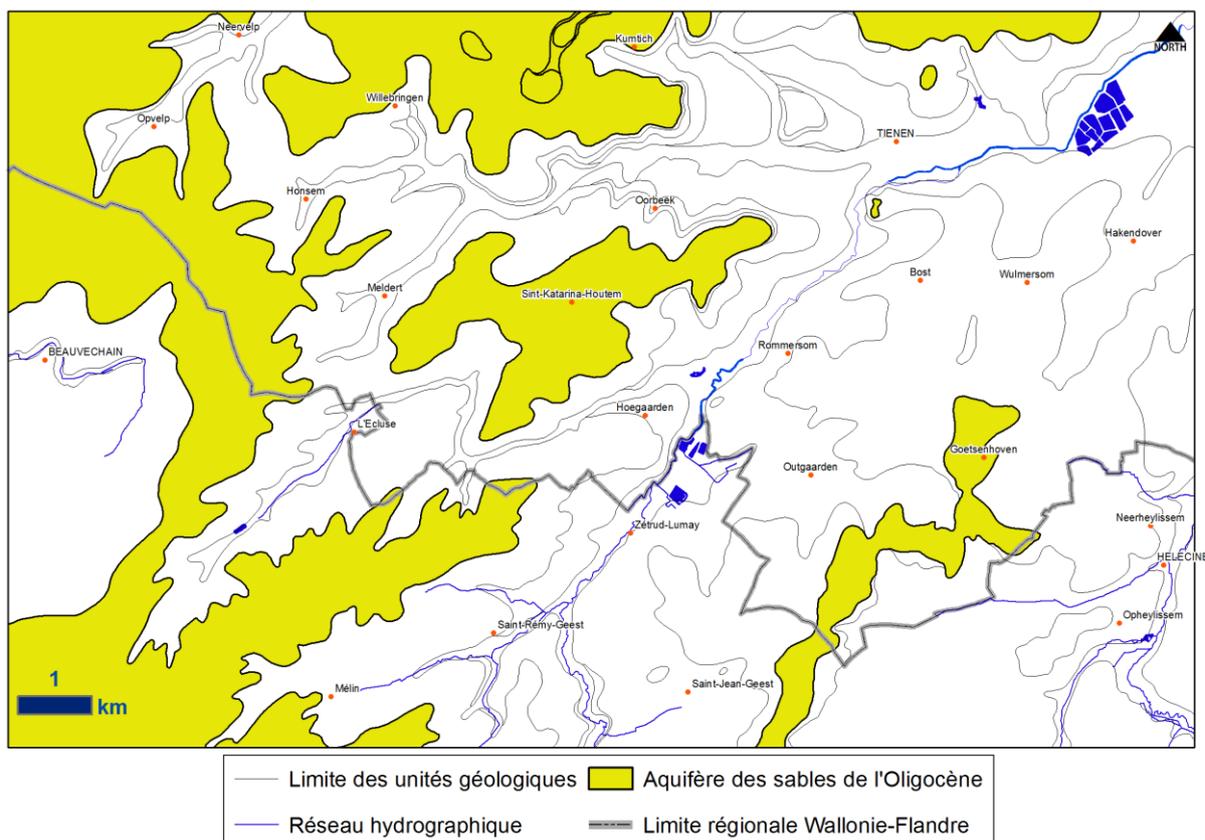


Figure IV.8 : Localisation des zones d'affleurement de l'Aquifère des sables de l'Oligocène sous la couverture limoneuse.

IV.3.3.6. Aquitard limoneux

L'Aquitard limoneux est formé par les limons (silt argilo-calcaire) de mauvaise perméabilité (Tableau VII.1, p. 97). Cet aquitard forme une couche épaisse d'une dizaine de mètres recouvrant les autres unités hydrogéologiques (Figure IV.9). Sur le poster, il n'est pas représenté afin de mieux comprendre l'hydrogéologie sous-jacente.

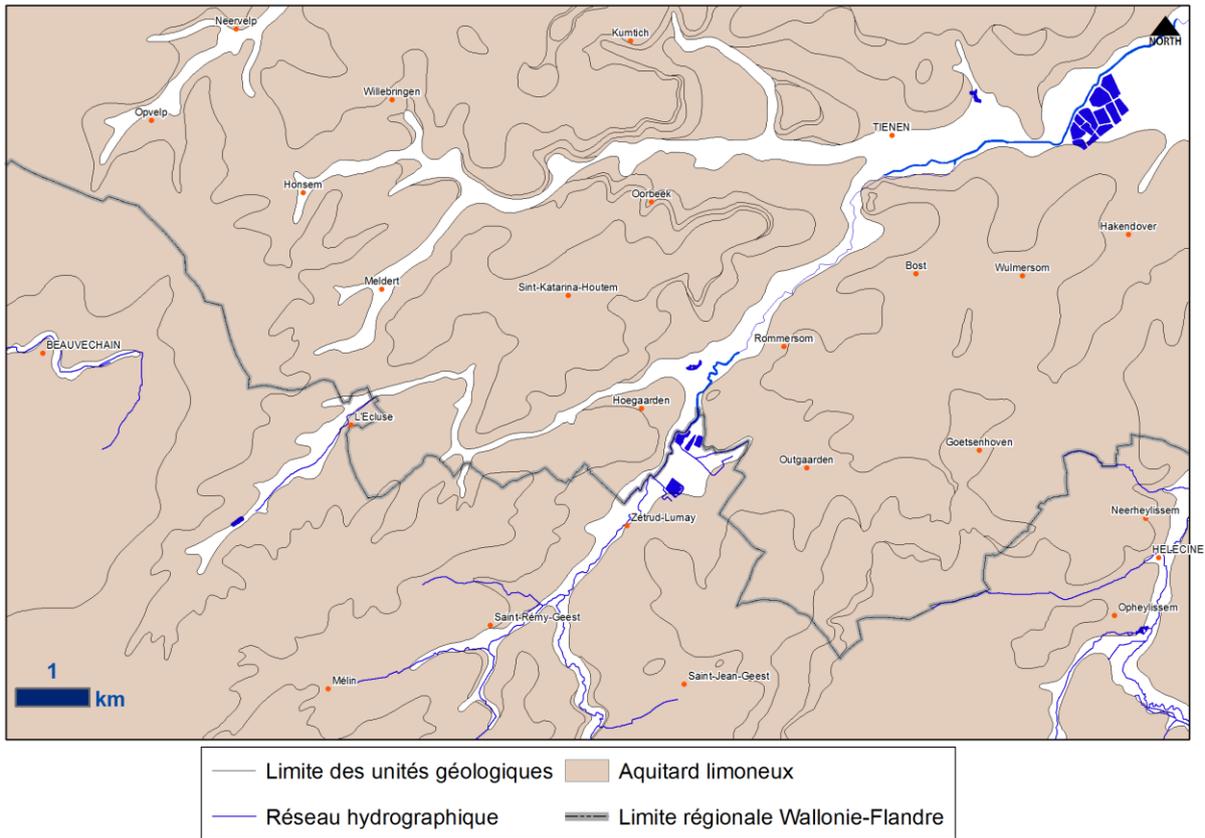


Figure IV.9 : Extension probable de l'Aquitard limoneux sur la carte de Meldert - Tienen.

IV.3.3.7. Aquifère alluvial

Cette unité est représentée par les alluvions modernes (alm). Ces alluvions, composées principalement de sables et de graviers roulés, offrent des potentialités aquifères intéressantes si leur extension le permet. Leur conductivité hydraulique est fonction de leur granulométrie. Les zones sablo-graveleuses conduiront bien mieux l'eau que les zones limono-argileuses. Ces sédiments peuvent donc former des aquifères locaux.

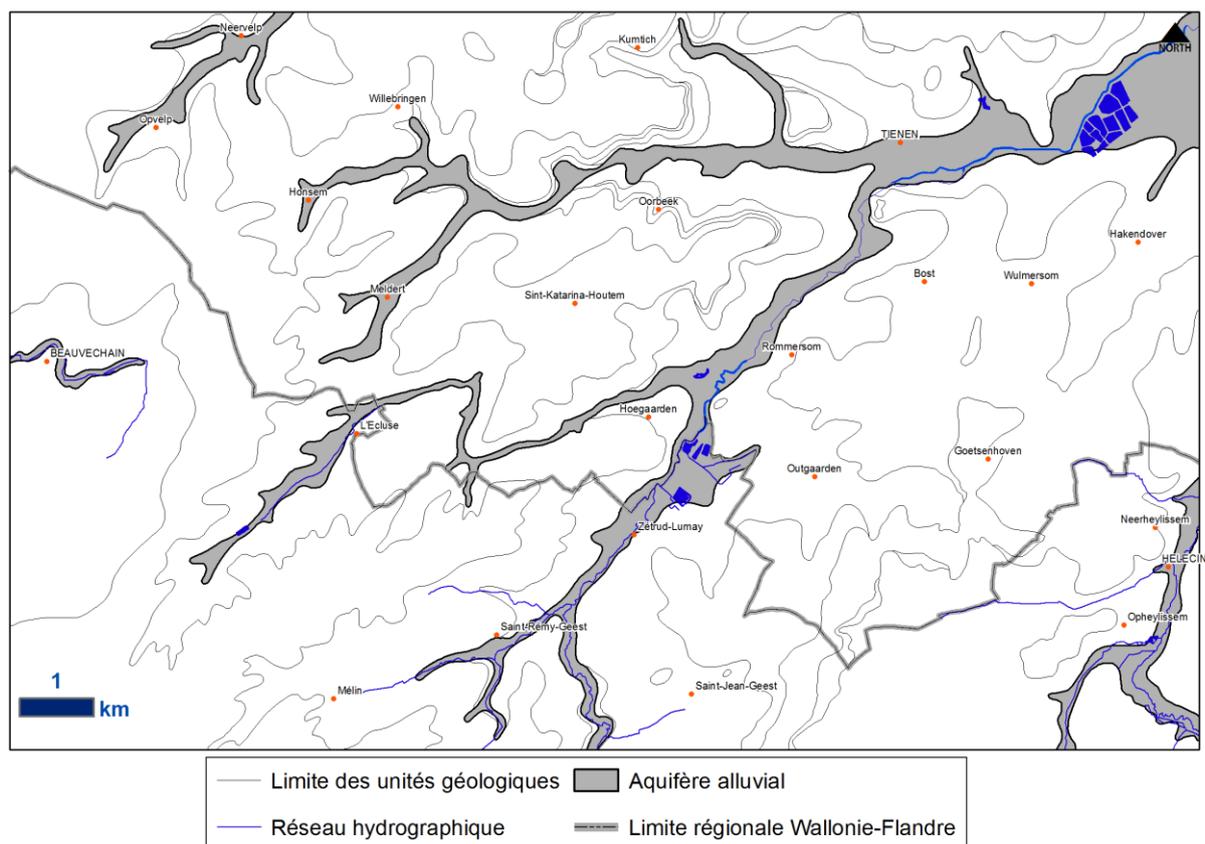


Figure IV.10 : localisation des zones d'affleurement de l'Aquifère alluvial.

IV.3.4. Unités hydrogéologiques en Région Flamande

En Région Flamande, six systèmes "d'Eaux Souterraines" majeurs ont été distingués (VMM, 2006). Dans la partie occidentale de la Flandre, du moins profond au plus profond, on distingue le *Kust- et Poldersysteem*, le *Centraal Vlaams Systeem* et le *Sokkelsysteem*. Dans sa partie orientale, on distingue le *Maassysteem*, le *Centraal Kempisch Systeem* et le *Brulandkrijtsysteem (BLKS)*.

Au niveau régional, 14 unités hydrogéologiques principales ont été définies (codification HCOV⁴) (Meyus et al., 2000; Meyus et al., 2005; VMM, 2006). En

⁴ Hydrogeologische Codering van de Ondergrond van Vlaanderen

"Annexe 2" est repris le tableau complet comprenant toutes les unités, du niveau supérieur au niveau de base.

IV.1. MASSES D'EAU SOUTERRAINE

Afin de mieux gérer la ressource en eau souterraine, la Directive cadre sur l'Eau (Directive 2000/60/CE) a introduit le concept de masse d'eau souterraine, mieux adapté à la gestion des eaux à l'intérieur des districts hydrographiques (bassins hydrographiques à large échelle).

"Une masse d'eau souterraine est un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères".

L'article 5 de la DCE précise que les États membres de l'Union Européenne doivent effectuer une caractérisation initiale de toutes les masses d'eau souterraine pour évaluer leurs utilisations et la mesure dans laquelle elles risquent de ne pas répondre aux objectifs de qualité de chaque masse d'eau souterraine prévus à l'article 4. Afin de pouvoir répondre à cet impératif, des masses d'eau ont dû être définies.

IV.1.1. Brabant wallon

Le texte qui suit est un résumé non exhaustif du chapitre "Masses d'eau souterraine" du document "ETAT DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE DE LA WALLONIE" du site <http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/index.htm#5.1> publié par la Direction de l'Etat environnemental et la Direction des Eaux souterraines du Service Public de Wallonie.

En Région wallonne, les aquifères sont délimités suivant des critères purement hydrogéologiques, tandis que les masses d'eau souterraine, telles que définies dans la Directive, peuvent être délimitées tant suivant des critères hydrogéologiques que des critères non hydrogéologiques :

- *Critères hydrogéologiques : étendue et caractéristiques des couches géologiques ; zone d'alimentation ; ligne de partage des écoulements souterrains ; liaison hydraulique entre les couches géologiques ; interaction avec les eaux de surface et les écosystèmes terrestres associés ; propriétés hydrochimiques, distinction entre les nappes libres et les nappes captives.*
- *Critères non hydrogéologiques : captage ou possibilité de captage ; impact des pressions, tant au niveau du captage que de la pollution, sur les masses d'eau, les écosystèmes terrestres et les dégâts aux couches ou aux biens non meubles à la surface de la terre (comme les affaissements) ; ligne de partage des eaux de surface ; limites administratives.*

En Région wallonne, les travaux indispensables à cette délimitation des masses d'eau ont débuté en 2001 et ont abouti en 2003. Ils ont été menés par un comité d'experts réunissant les services universitaires spécialisés en hydrogéologie et la Direction des Eaux souterraines, en présence des représentants du projet PIRENE. 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.

La mise en application de l'article 5 de la Directive cadre sur l'Eau a abouti dans le cas de la Région wallonne à un découpage en **33** masses d'eau souterraine, dont 10 dans le district de l'Escaut, 21 dans celui de la Meuse et 2 dans celui du Rhin (*Figure IV.11*). Parmi ces masses d'eau souterraine, **24** sont des **aquifères transfrontaliers** et nécessiteront une gestion commune avec les régions ou états membres voisins. Les données citées dans le descriptif des différentes masses d'eau sont tirées des rapports "Fiches de caractérisation des masses d'eau souterraine" relative à la mise en œuvre de la [Directive cadre Eau \(2000/60/CE\)](#).

La carte de Meldert - Tienen est située à cheval sur plusieurs masses d'eau (*Figure IV.11*) :

- RWE160 : Socle du Brabant (S.P.W.-DGARNE-DGO3, Mai 2005a) ;
- RWE080 : Craies du Brabant (S.P.W.-DGARNE-DGO3, Mai 2005b) ;
- RWE053 : Sables du Landénien (Est) (S.P.W.-DGARNE-DGO3, juin 2010, v.7.0) ;
- RWE051 : Sables du Bruxellien (S.P.W.-DGARNE-DGO3, Mars 2006).

IV.1.1.1. Socle du Brabant

A l'échelle de la Wallonie, la masse d'eau souterraine du Socle du Brabant est la plus vaste de toutes celles qui ont été définies dans le bassin hydrographique de l'Escaut en Région Wallonne. Sa superficie couvre plus de 1 285 km².

Sa limite "administrative" nord est formée en grande partie par la limite régionale Wallonie-Flandre. Les Craies du Brabant (RWE080) viennent la border au nord-est et à l'est. Au sud, la masse d'eau souterraine est bornée par les masses d'eau souterraines voisines : les Calcaires du Tournaisis (RWE060) et de Péruwelz-Ath-Soignies (RWE013). Enfin, la limite sud-est coïncide avec celle du bassin hydrographique de l'Escaut (S.P.W.-DGARNE-DGO3, Mai 2005a).

Sur la carte Meldert - Tienen (*Figure IV.11*), cette masse d'eau occupe tous le substratum mais est recouverte par une (RWE051 ou RWE053) ou plusieurs masses d'eau souterraine (RWE051+RWE080 ou RWE053+RWE080).

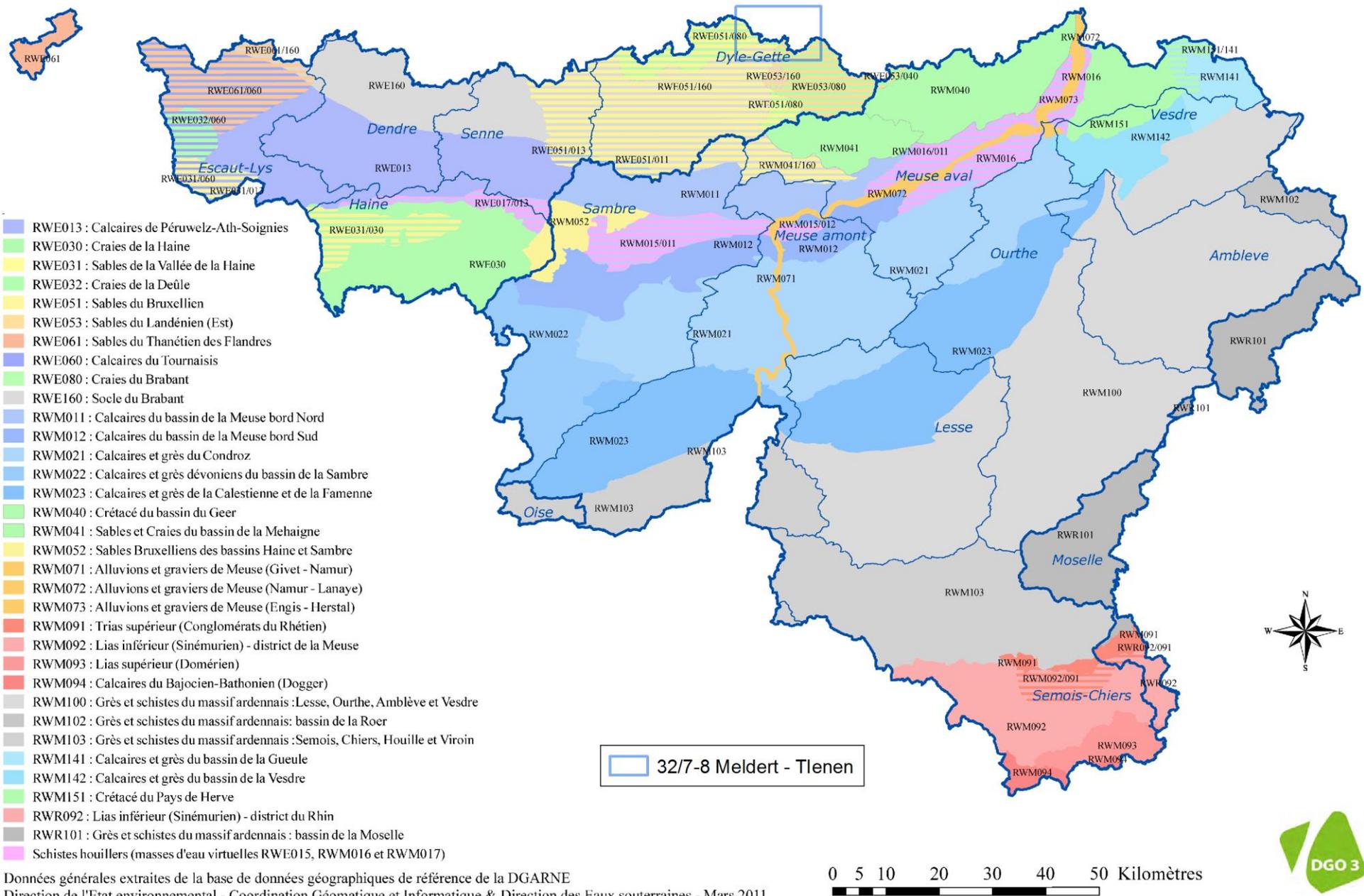


Figure IV.11 : Masses d'eau souterraine en Wallonie et localisation de la carte Meldert - Tienen (Modifié, Etat des nappes d'eau, mars 2010, http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/figures/c5_1.gif).

IV.1.1.2. Craies du Brabant

A l'échelle de la Wallonie, la masse d'eau souterraine des Craies du Brabant (RWE080) est contenue dans les craies et tuffeaux crétacés, en continuité avec les craies du bassin du Geer qui, elles, alimentent le bassin hydrographique de la Meuse. Ces craies du Brabant contiennent une nappe aquifère rendue captive par les marnes et les argiles de la base du Tertiaire (Heersien, Thanétien).

Cette masse d'eau souterraine forme le domaine nord-est du bassin hydrographique de l'Escaut en Région Wallonne où elle s'étend sur près de 350 km². Il se poursuit au nord en Région Flamande. Sa limite SE coïncide avec celle du bassin hydrographique de l'Escaut, et sa limite SW et W avec la limite supposée d'existence des craies sous couverture (S.P.W.-D GARNE-DGO3, Mai 2005b).

Sur la carte Meldert - Tienen (Figure IV.11), cette masse d'eau recouvre la masse d'eau souterraine du Socle du Brabant dans la moitié nord et est elle-même recouverte par la masse d'eau souterraine des Sables bruxelliens à l'ouest et par celle des Sables landéniens à l'est.

IV.1.1.3. Sables du Landénien (Est)

A l'échelle de la Wallonie, la masse d'eau souterraine des Sables du Landénien (RWE053), située à l'est de la partie wallonne du bassin hydrographique de l'Escaut, dans les provinces de Liège et du Brabant, s'étend sur une superficie de 206 km², en premier horizon (nappe phréatique). Cette masse d'eau est frontalière avec la Flandre. Ces limites correspondent donc au bassin de l'Escaut, sauf à l'ouest, où la limite avec la masse d'eau RWE051 suit, pour la plupart de son tracé, la vallée de la Grande Gette.

La masse d'eau des Sables du Landénien recouvre sur 87% de sa superficie les Craies du Brabant (RWE080) et sur 8% l'extrémité est du Socle du Brabant (RWE160). Le reste (5%) couvre la masse d'eau RWM040 (Crétacé du bassin du Geer), située dans le district de la Meuse.

La Formation de Hannut, formant l'essentiel des "Sables du Landénien" (ancien nom des sables du Thanétien), se compose de sables et de silts, d'argiles sableuses et d'argiles. Elle est surmontée des sables ligniteux, lignites et argiles de la formation fluviale de Tienen. Quelques lambeaux de sables de la Formation de Bruxelles sont encore visibles sur les hauteurs, accompagnés par les sables et sables argileux de la Formation de Tongres.

Sous les sables du Thanétien, les marnes du Sélandien contribuent, ainsi que la charge argileuse présente dans le Thanétien lui-même, à isoler, sur la plupart de son étendue, la masse d'eau souterraine RWE053 des masses d'eau sous-jacentes, principalement la masse d'eau RWE080. Il n'y a cependant pas assez d'informations pour

affirmer que les masses d'eau ne communiquent à aucun endroit. La zone est couverte des limons quaternaires (S.P.W.-DGARNE-DGO3, juin 2010, v.7.0).

Sur la carte Meldert - Tienen (**Figure IV.11**), cette masse d'eau est présente dans la moitié est et recouvre la masse d'eau souterraine des Craies du Brabant ainsi qu'une très petite surface de la masse d'eau souterraine du Socle du Brabant.

IV.1.1.4. Sables du Bruxellien

A l'échelle de la Wallonie, la masse d'eau souterraine des Sables bruxelliens (RWE051) se situe au NE de la partie wallonne du bassin hydrographique de l'Escaut, dans la province du Brabant. Elle s'étend sur une superficie de presque 965 km² en premiers horizons (nappes phréatiques). Ses limites correspondent assez bien à l'extension des sables de la Formation de Bruxelles et elle est frontalière avec la Flandre et la Région bruxelloise.

Cette masse d'eau surmonte trois autres masses d'eau souterraines : le Socle du Brabant (RWE160) pour sa plus grande partie, dans une moindre mesure au nord, les Craies du Brabant (RWE080) et une toute petite superficie dans le coin sud-est (non décrite ici) des calcaires carbonifères appartenant à la RWE013 (S.P.W.-DGARNE-DGO3, Mars 2006).

Les cours d'eau les plus importants au droit de la RWE051 sont la Dyle et la Gette. Ces deux cours d'eau et leurs affluents ravinent profondément les sables, au point de mettre à nu le socle sous-jacent.

Sur la carte Meldert - Tienen (**Figure IV.11**), cette masse d'eau est présente dans la moitié ouest et recouvre la masse d'eau souterraine des Craies du Brabant dans l'ouest et la masse d'eau du Socle du Brabant au centre.

IV.1.2. Brabant flamand

En vertu de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/EC), comme cela a été également réalisé en Région Wallonne, différentes masses d'eau souterraine (grondwaterlichamen, GWL) ont été déterminées sur base des unités HCOV, des systèmes "Eaux Souterraines" (GWS) et du contexte hydrogéologique (écoulement souterrain, type de nappe...). Au total, en Région Flamande, il y a 42 masses d'eau souterraine (SGD Maas : 10 & SGD Schelde : 32).

IV.1.2.1. Application à la carte Meldert - Tienen

Le *Brulandkrijtsysteem* occupe les deux tiers de la moitié orientale de la Flandre. Ce système appartient majoritairement au SGD Schelde, une petite partie à

l'est fait partie du SGD Maas. Il repose sur le socle (HCOV 1300) et est couvert sur ses deux tiers nord par le *Centraal Kempisch Stysteem* et le *Maassysteem* (VMM, 2008). Dans sa partie flamande, la carte Meldert - Tienen est entièrement située dans le *Brulandkrijtsysteem* et cinq unités HCOV y sont présentes :

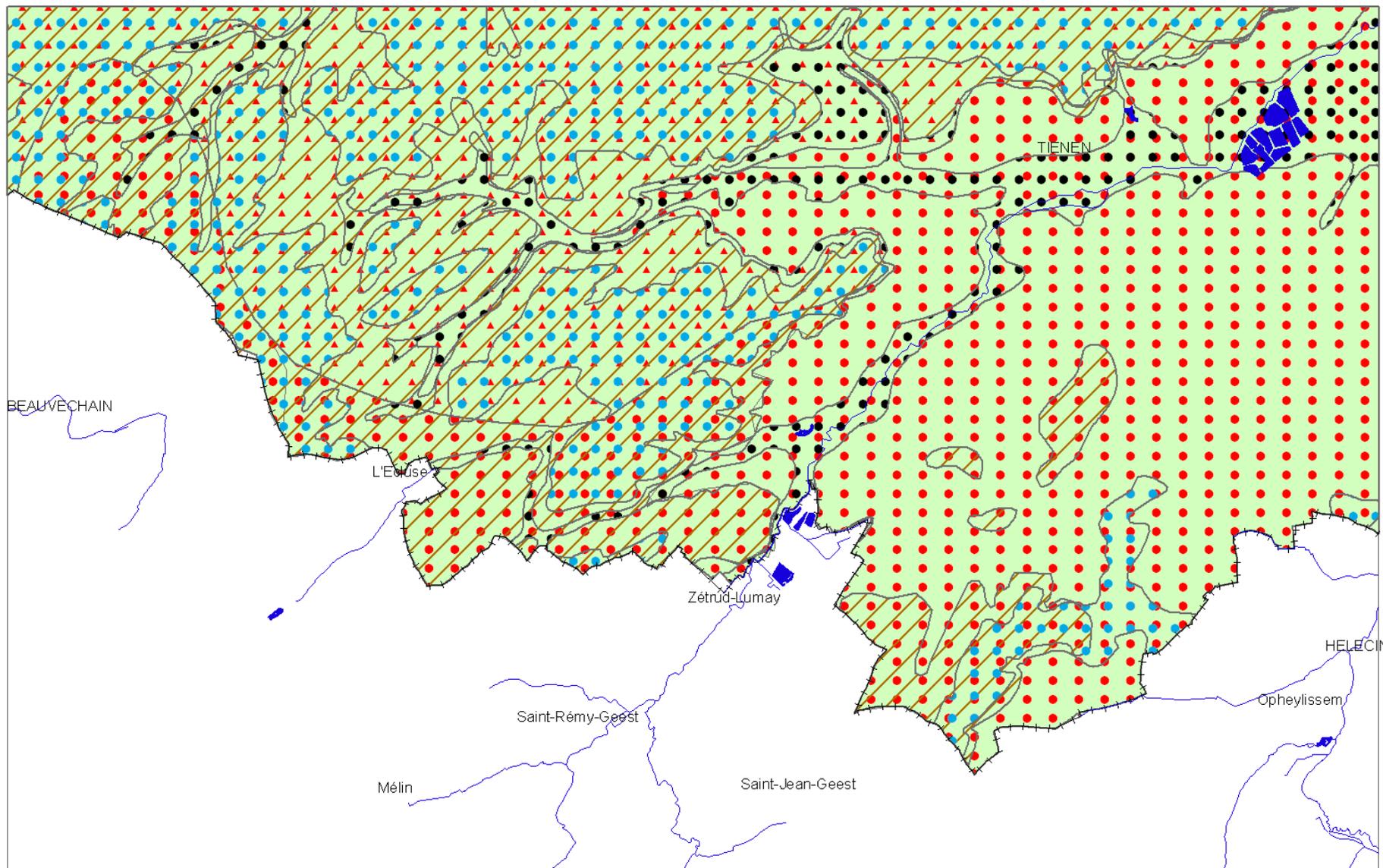
- HCOV 0160 : Pleistoceen afzettingen – Quartaire Aquifersysteem (dépôts du Pléistocène) ;
- HCOV 0400 : *Oligoceen Aquifersysteem* (Système aquifère de l'Oligocène) ;
- HCOV 0600 : *Ledo-Paniseliaan-Brusseliaan Aquifersysteem* (Système aquifère du Ledien-Paniselien-Bruxellien) ;
- HCOV 1000 : *Paleoceen Aquifersysteem* (Système aquifère du Paléocène) ;
- HCOV 1100 : *Krijt Aquifersysteem* (Système aquifère du Crétacé).

Sur les 15 masses d'eau souterraines (GWL) que regroupe le *Brulandkrijtsysteem*, 6 occupent partiellement la carte étudiée. La détermination des masses d'eau souterraine tient compte de l'appartenance au district hydrographique, à l'unité hydrogéologique et au caractère de la nappe. Le **Tableau IV.3** et la **Figure IV.12** présentent succinctement les masses d'eau souterraine situées sur la partie flamande de la carte Meldert - Tienen (VMM, 2006 & 2008). Pour de plus amples informations, le lecteur peut se référer aux rapports rédigés et édités par l'Administration de la Région Flamande compétente dans le domaine de l'eau, Vlaamse Milieumaatschappij VMM, Service "Gestion des Eaux Souterraines" (Grondwaterbeheer) : <http://www.vmm.be/water>.

<u>MESO - GWL</u>	<u>Dénomination</u>	<u>Lithologie</u>	<u>K (m/s)</u>	<u>Type de nappe</u>
Blks_0160_gwl_1s	Pleistoceen Rivierafzettingen	Sable et gravier avec glaise et argile	10^{-6} à $3,5 \cdot 10^{-4}$	Localement captive
Blks_0400_gwl_1s	Oligoceen Aquifersysteem	Sable, parfois argileux	$5,8 \cdot 10^{-7}$ à $5,8 \cdot 10^{-5}$	Localement captive
Blks_0600_gwl_1	Brusseliaan Aquifer	Sable	$5,7 \cdot 10^{-7}$ à $6,4 \cdot 10^{-4}$	Libre
Blks_1000_gwl_1s	Landeniaan Aquifersysteem	Sable fin, tuf argileux, marne	$2,3 \cdot 10^{-5}$ à $1,3 \cdot 10^{-3}$	Localement captive
Blks_1000_gwl_2s			10^{-5} à $3,5 \cdot 10^{-4}$	Captive
Blks_1100_gwl_2s	Krijt Aquifersysteem	Craie	10^{-6} à 10^{-3}	Captive

Blks: Brulandkrijtsysteem – s: SGD Schelde– 1: Freatisch/Lokaal Gespannen ; 2 : Gespannen
Sources: VMM, 2006 & 2008

Tableau IV.3 : Masses d'eau souterraine en Flandre – Grondwaterlichamen.



Blks : Brulandkrijtsysteem

gwl : Grondwaterlichaam (masse d'eau souterraine)

F : Freatisch (libre) - G : Gespannen (captif) - LG : Lokaal gespannen (localement captif)

sources : VMM, DOV

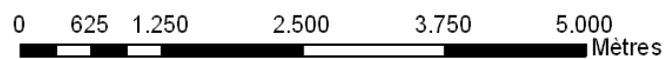


Figure IV.12 : Masses d'eau souterraine dans le Brabant flamand de la carte Meldert - Tienen.

IV.2. DESCRIPTION DE L'HYDROGÉOLOGIE REGIONALE

L'hydrogéologie de la carte de Meldert - Tienen est caractérisée par la superposition de plusieurs nappes dont les caractéristiques hydrodynamiques varient plus ou moins fortement. Cet état de fait donne lieu à un aquifère dit complexe ou multicouches. Ces nappes sont décrites en partant de la nappe la plus profonde et en allant vers la plus superficielle.

L'Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien renferme un aquifère de fissures et de fractures, généralement peu favorable à une exploitation importante. Les niveaux aquifères sont localisés dans les niveaux gréseux ou quartzitiques pour autant que ces derniers soient suffisamment altérés ou fissurés. La zone d'altération superficielle renferme une nappe de pores qui peut, si elle est non argileuse, procurer des débits suffisants pour satisfaire des besoins domestiques, ou même, un usage agricole ou industriel de faible importance. Si cette nappe d'altération de pores est argileuse, elle constituera un écran à la percolation des eaux retenues dans la couverture méso-cénozoïque. Comme cet aquifère n'affleure que très peu, l'alimentation se fait principalement par drainance à travers les autres aquifères sus-jacents. La zone de recharge directe se situe, sur la carte Meldert - Tienen, dans le coin sud-ouest (Figure IV.13). La nappe du Socle cambro-silurien est donc majoritairement captive ou semi-captive.

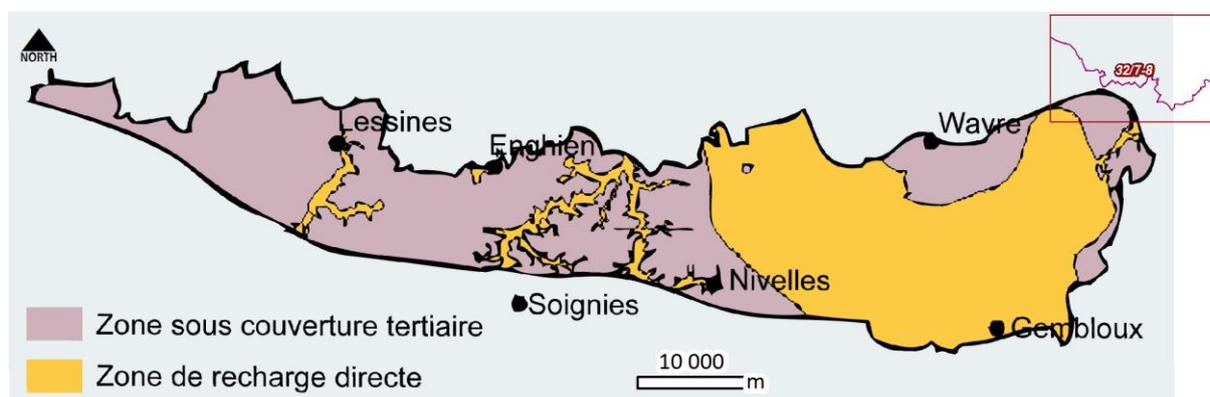


Figure IV.13 : Zone de recharge directe de la masse d'eau RWE160 "socle cambro-silurien" avec la localisation de la carte Meldert - Tienen (S.P.W.-DGARNE-DGO3, Mai 2005a, modifié).

L'Aquifère des craies du Crétacé constitue un aquifère à double porosité : porosité de fissures et porosité de pores. La circulation "rapide" se fait principalement via les joints et les diaclases. Ces craies n'affleurent pas sur l'étendue de la carte Meldert - Tienen car elles sont recouvertes par les sables landéniens, à l'est, et bruxelliens, à l'ouest. Ces sables induisent une semi-captivité ou captivité de la

nappe des craies du Crétacé. Ces sables peuvent agir comme un filtre ou comme source de pollution sur les eaux percolant à travers eux (drainance⁵) en fonction de la qualité de la nappe de ces sables.

Les **aquifères des sables cénozoïques** renferment des nappes de pores de bonnes capacités. Ces aquifères sont libres car les limons du Quaternaire qui les recouvrent ne sont pas assez imperméables que pour induire une captivité. Leur alimentation se fait principalement par la percolation directe des pluies. **L'Aquifère des sables de l'Eocène** constituent l'aquifère le plus étendu sur la carte Meldert - Tienen. Sa conductivité hydraulique varie cependant car elle est fonction, bien sûr de la granulométrie, mais aussi du taux de décalcification des sables. **L'Aquifères des sables de l'Oligocène** est situé sur les points hauts du relief et est surtout constitué de nappes perchées qui ne pourront supporter des exploitations intenses du fait d'une surface de recharge directe faible.

Ces aquifères des sables cénozoïques peuvent également filtrer ou polluer les eaux des aquifères sous-jacents par drainance.

IV.2.1. Evolution piézométrique et sens d'écoulement

Les données piézométriques pour les différents aquifères de la carte Meldert - Tienen proviennent soit :

- des mesures effectuées dans le cadre de la réalisation de cette carte, au droit de puits de particuliers, piézomètres ou puits de distribution ;
- de mesures réalisées par la S.W.D.E. et la V.M.W. sur leurs différents ouvrages.

IV.2.1.1. Aquifère à niveaux aquicludes du socle cambro-silurien

Peu d'ouvrages sont implantés dans la nappe du socle cambro-silurien sur la carte Meldert -Tienen ; un seul puits privé à Opheyllissem et un piézomètre à Saint-Remy-Geest. Uniquement pour ce dernier (SAINT-REMY GEEST PZ V.M.W./S.W.D.E., [Figure IV.14](#)), une mesure piézométrique a été effectuée le 27/08/2009 et a donné une cote d'environ 75,8 m, soit une nappe se

⁵ Phénomène de passage d'eau à travers une formation semi-perméable et échange entre celle-ci et un aquifère contigu, généralement captif.

situant à une profondeur de 29,2 m. Ce piézomètre se situe à une altitude de 105 m et est profond de 50 m.

Le thalweg du R^{au} de Gobertange, situé au nord est à une altitude d'environ 75 m, et celui du R^{au} de la Fontaine, situé à l'est, se situe également à une altitude d'environ 75 m.

Le piézomètre qui est juste à côté (SAINT-REMY GEEST PZ4 S.W.D.E., **Figure IV.14**), profond de 45 m, exploite la nappe des sables du Paléocène. Une mesure piézométrique prise le même jour indique une cote piézométrique quasi identique, soit 75,7 m.

Au vu des profondeurs de ces deux piézomètres, le toit du socle doit vraisemblablement se situer entre 45 et 50 m de profondeur.

Ces deux mesures piézométriques indiquent :

- que la nappe du socle cambro-silurien est probablement captive, puisque sa surface piézométrique est à une altitude supérieur à celle du toit de l'aquifère du socle cambro-silurien ;
- qu'elle est en équilibre hydraulique avec la nappe sus-jacente des sables du Paléocène ;
- que les ruisseaux de Gobertange et de la Fontaine sont drainants et influencent la piézométrie locale.

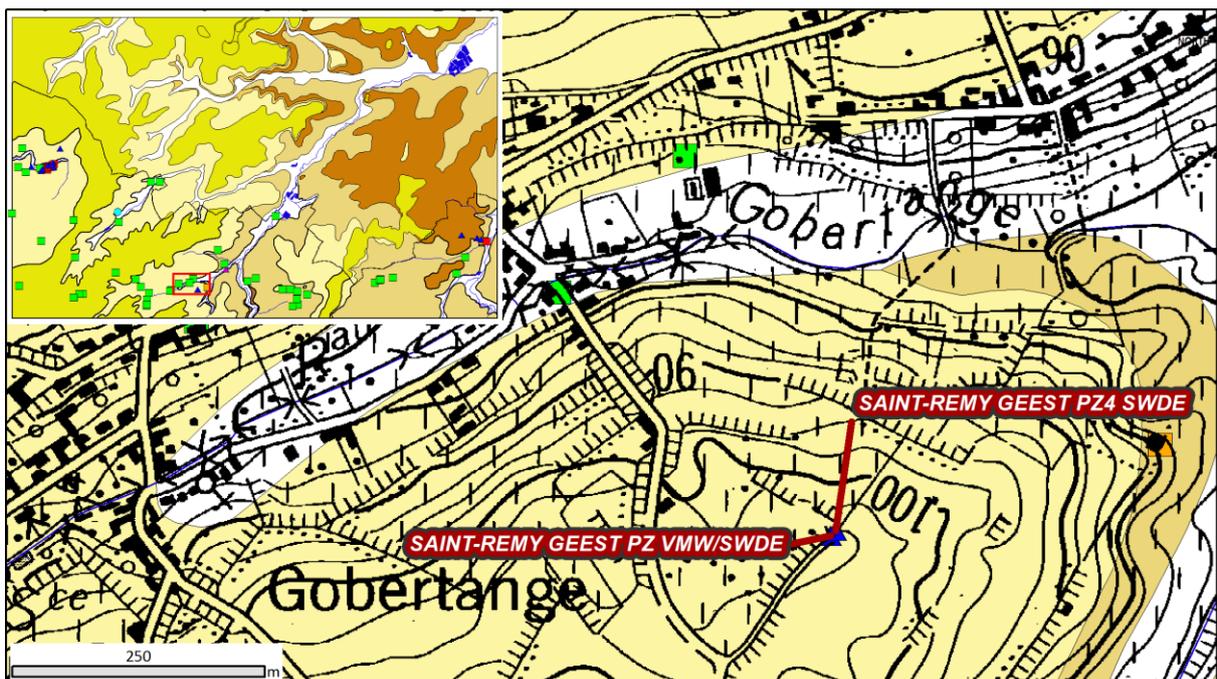


Figure IV.14 : Localisation du piézomètre SAINT-REMY GEEST PZ V.M.W./S.W.D.E..

IV.2.1.2. Aquifère des craies du Crétacé

Plusieurs ouvrages exploitant l'Aquifère des craies du Crétacé ont fait l'objet de mesures piézométriques, ponctuelles ou répétées. Il s'agit essentiellement d'ouvrages appartenant au site de captage de Beauvechain, comptant 15 puits.

A l'ouest de la carte, des mesures ont été prises sur le piézomètre BROUX.N°3019-012 (Figure IV.15) entre janvier 1992 et janvier 2004. Les résultats (Figure IV.16) montrent une augmentation progressive du niveau de la nappe entre 1992 et 2004 avec un pic inhabituel durant l'année 1994. La nappe se situait, entre janvier 1992 et janvier 2004, à une profondeur de 13 m au minimum et 30 m au maximum.

Ce piézomètre, d'une profondeur de 80,5 m, se situe à une altitude de 85 m. Le thalweg de la Nethen, situé au sud et s'écoulant de l'ouest vers l'est, est à une altitude de 84 m. La surface piézométrique de la nappe des craies se situe donc sous le niveau de la Nethen qui n'a aucune influence sur la piézométrie de cette nappe. Cette dernière n'est vraisemblablement pas en équilibre hydraulique avec les nappes sus-jacentes.

Le 11/05/2004, deux cotes piézométriques ponctuelles ont été prises sur les puits BROUX.N°3019-13 et BROUX.N°3019-014 (Figure IV.15), tous deux voisins du piézomètre BROUX.N°3019-012. Le premier a renseigné une nappe à 14,05 m de profondeur, soit une cote d'environ 69,1 m et le deuxième a indiqué une nappe à 16,8 m de profondeur, soit une cote d'environ 69,5 m. Ces cotes piézométriques sont en accord avec celles du piézomètre BROUX.N°3019-012.

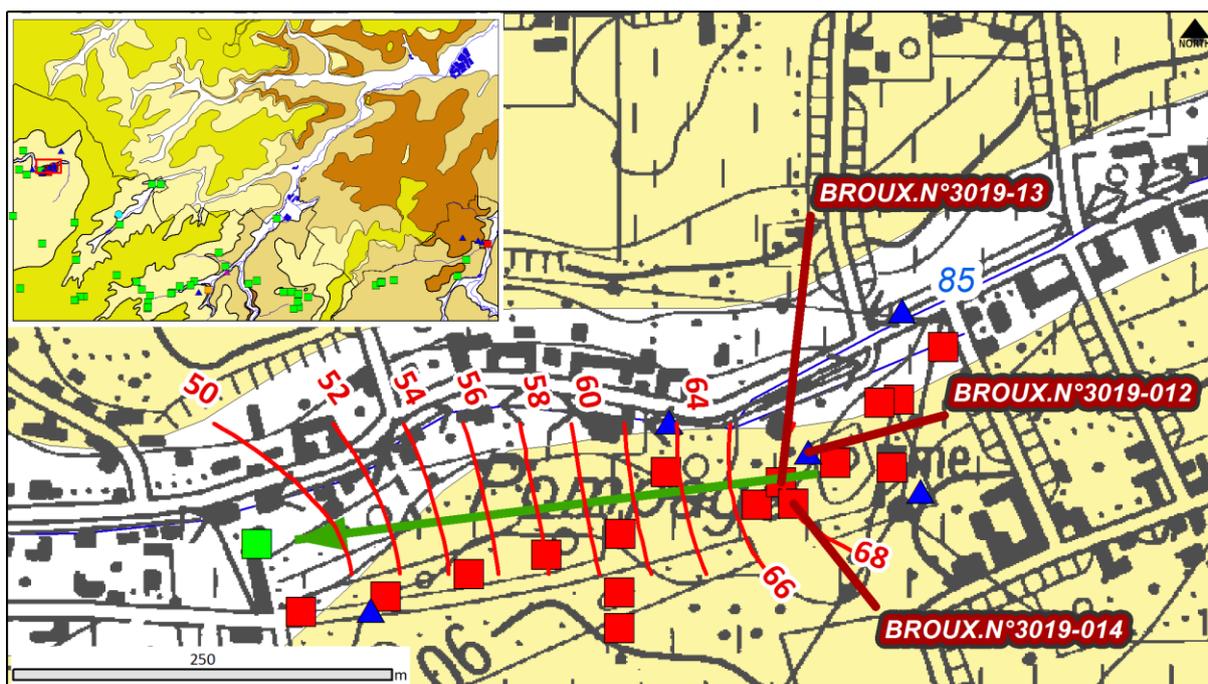


Figure IV.15 : Localisation des ouvrages BROUX.N°3019-012, BROUX.N°3019-13 et BROUX.N°3019-014 sollicitant l'Aquifère des craies du Crétacé. Isopièzes (en m) et sens d'écoulement local de l'Aquifère des craies du Crétacé au niveau des ouvrages du captage de Beauvechain (2005). L'ensemble des puits pour la distribution publique d'eau potable visible sur cette figure (carré rouge) appartient à la batterie de puits du captage de Beauvechain.

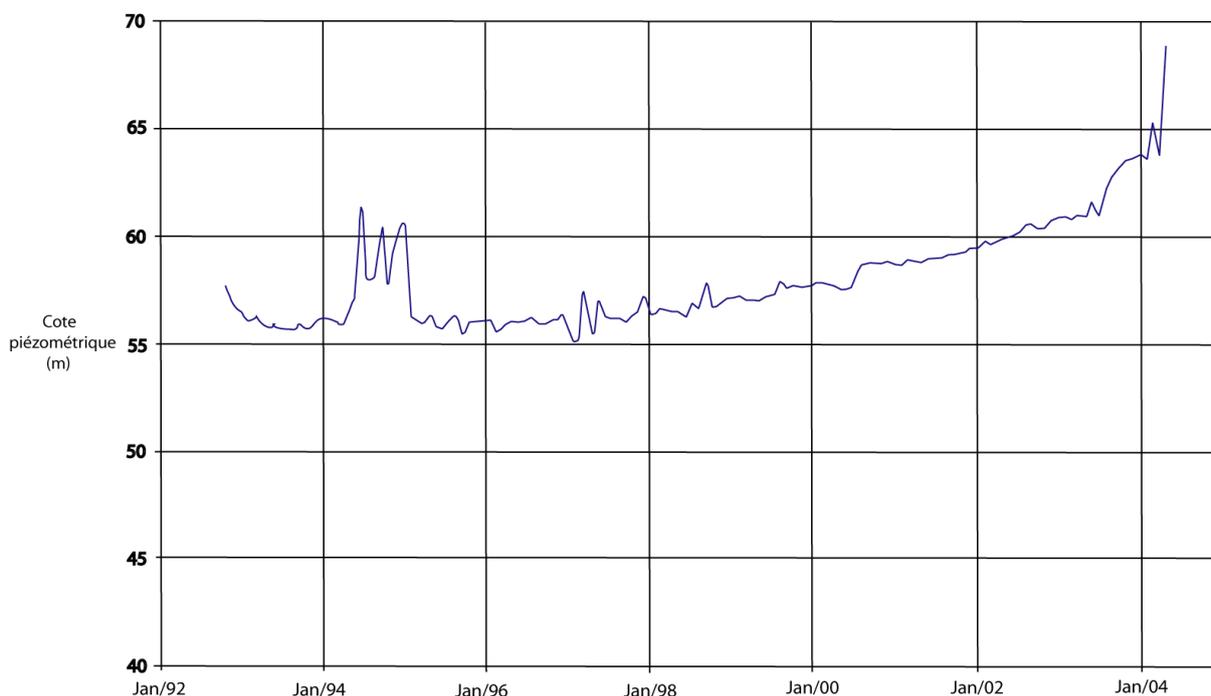


Figure IV.16 : Evolution piézométrique du puits BROUX.N°3019-012, sollicitant l'Aquifère des craies du Crétacé, entre janvier 1992 et janvier 2004, (source : S.W.D.E.)

Dans le cadre de l'étude (S.W.D.E., 2009) visant à définir la zone de prévention autour de la batterie de puits du captage de Beauvechain (Figure IV.15), une étude des écoulements souterrains a été réalisée en 2005 et a permis de définir des isopièzes et un sens d'écoulement local (Figure IV.15) pour la nappe des craies

du Crétacé. L'écoulement souterrain, à cet endroit, se fait de l'est vers l'ouest. Ce qui confirme l'indépendance hydraulique de cette nappe par rapport à la Nethen. Ces isopièzes montrent également que l'exploitation des ouvrages du captage de Beauvechain n'influence pas de manière visible la piézométrie de la nappe des craies.

A l'est de la carte, à Hélécine, six piézomètres ont été forés en vue de la surveillance du puits sur galerie par gravité SAINT-SULPICE (Figure IV.17). Parmi ceux-ci, trois atteignent l'Aquifère des craies du Crétacé (PR1, PR2 et PR3 ; Figure IV.17).

Les piézomètres PR1 et PR2 ont fait l'objet de relevés piézométriques durant l'année 2009 (Figure IV.18, Figure IV.19) et le piézomètre PR3 a fait l'objet de deux mesures ponctuelles ; la première, le 03/12/2007, a donné un niveau d'eau à 11,2 m de profondeur, soit une cote de 48,7 m. La seconde, effectuée le 01/10/2009, a donné une profondeur de nappe de 12,5 m, soit une cote piézométrique de 47,4 m. Le PR2 est profonde de 90 m tandis que le PR1 l'est de 84 m. Le PR1bis et le PR2bis situés juste à côté de leur "homologue" sont profonds de 28 m et 35 m respectivement (voir IV.2.1.3, p. 51). On peut donc supposer que le toit de l'Aquifère des craies du Crétacé se situe au minimum à plus de 30 m de profondeur et que la nappe des craies est captive au vu des cotes piézométriques.

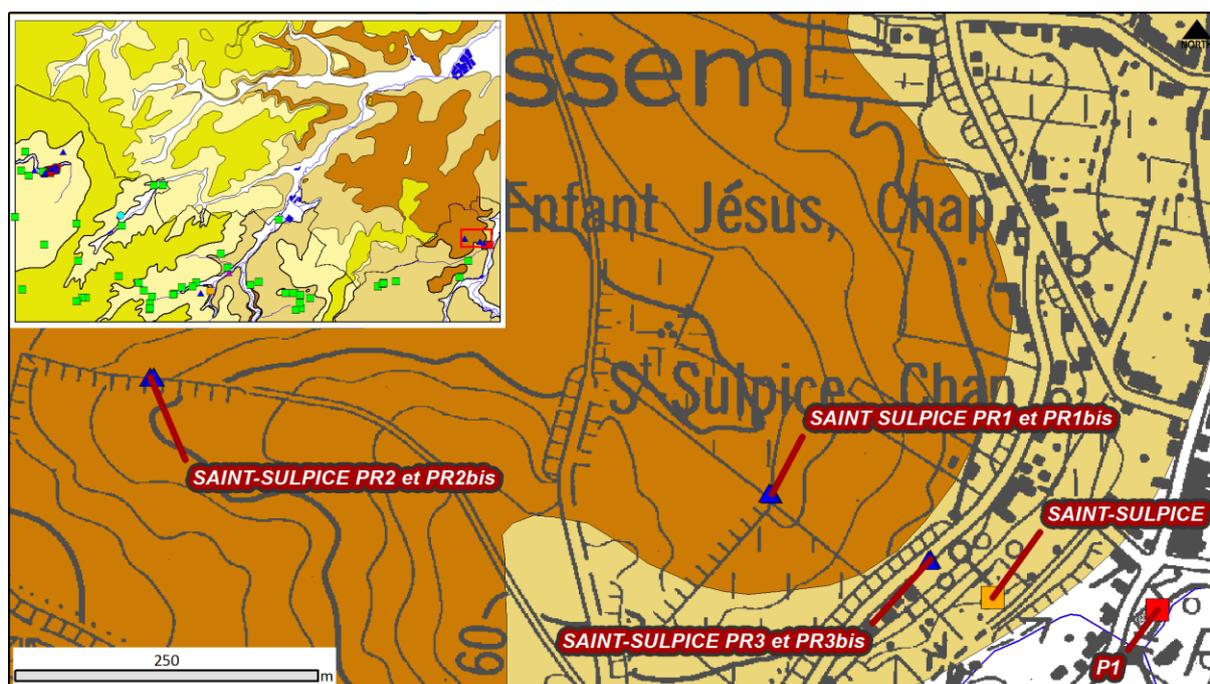


Figure IV.17 : Localisation des captages à Hélécine, SAINT-SULPICE et P1, et des piézomètres SAINT-SULPICE PR1, PR1bis, PR2, PR2bis, PR3 et PR3bis, localisés à Neerheylissem. Les piézomètres sont par paire.

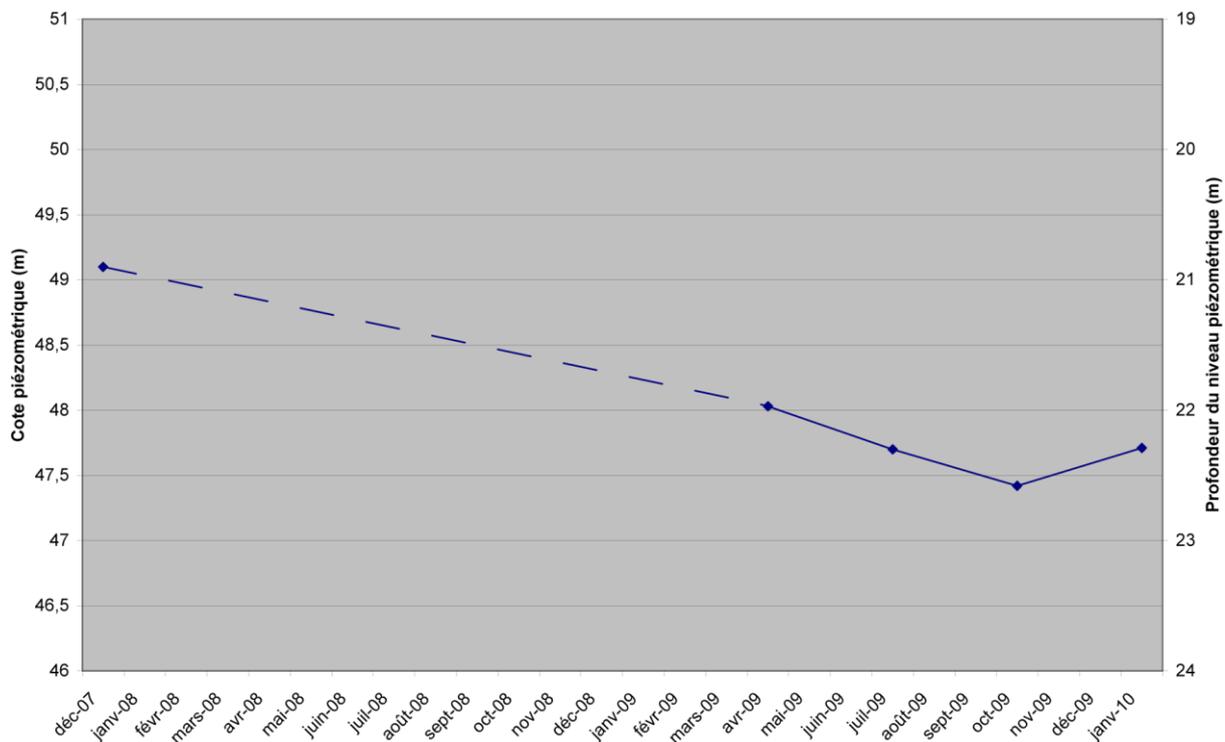


Figure IV.18 : Evolution piézométrique du PR1 Saint-Sulpice de décembre 2007 à janvier 2010.

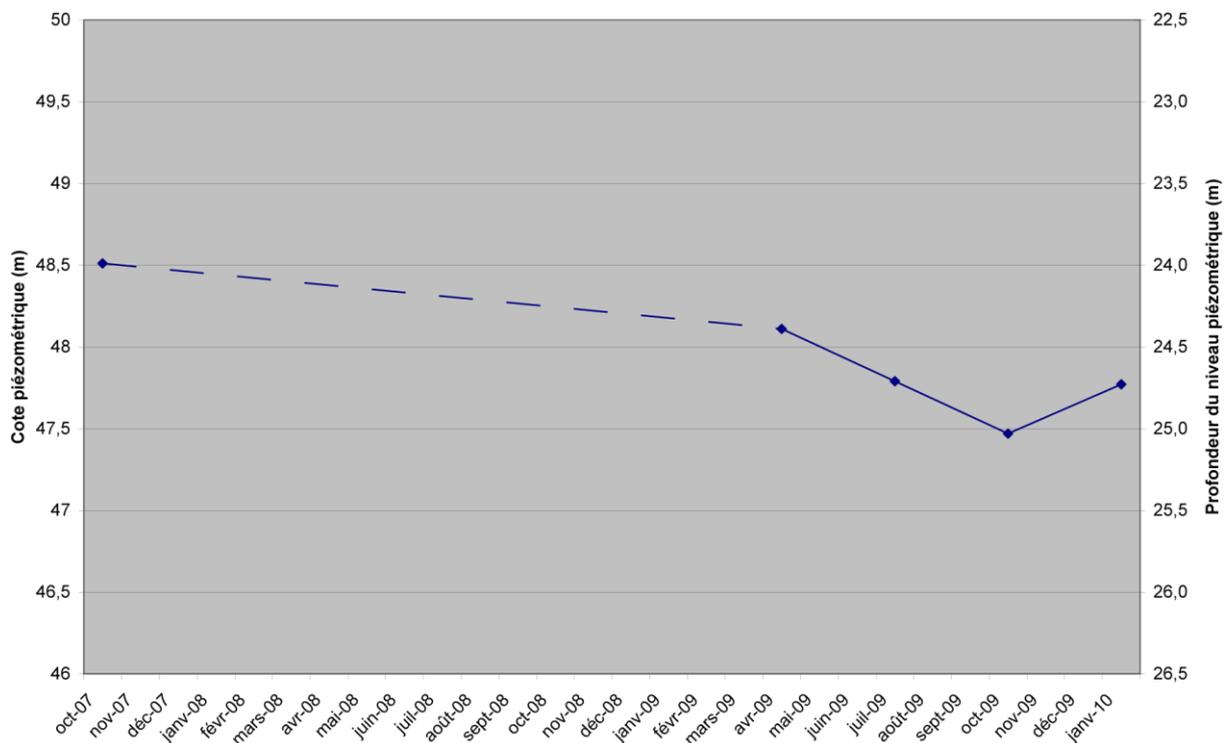


Figure IV.19 : Evolution piézométrique du PR2 Saint-Sulpice d'octobre 2007 à janvier 2010.

Le thalweg de la Petite Gette, situé à l'est, est à une altitude d'environ 50 m. Les piézomètres PR1, PR2 et PR3 sont à une altitude de 70,07 m, 72,51 m et 59,94 m respectivement.

La surface piézométrique de la nappe des craies du Crétacé est ici aussi sous le niveau de la Petite Gette, qui est donc perchée et n'a aucune influence sur les sens d'écoulement de cette nappe.

La fluctuation du niveau piézométrique au cours de l'année 2009 a été de faible amplitude, environ 1,3 m avec un niveau haut en avril et un niveau bas en novembre.

IV.2.1.3. Aquifère des sables du Paléocène

A Hélécin, six piézomètres ont été forés en vue de la surveillance du puits sur galerie par gravité SAINT-SULPICE. Parmi ceux-ci, trois atteignent l'Aquifère des sables du Paléocène (PR1bis, PR2bis et PR3bis ; [Figure IV.17](#)).

Une mesure piézométrique, en 2007, et d'autres, mensuellement, durant l'année 2009, ont été prises sur le PR1bis ([Figure IV.20](#)). Ce piézomètre, profond de 28 m, se situe à une altitude de 70,07 m.

Entre décembre 2007 et janvier 2009, la surface piézométrique de la nappe des sables du Paléocène se situait entre environ 20,5 m et 21 m de profondeur au maximum. La fluctuation du niveau piézométrique au cours de l'année 2009 a été de faible amplitude, au maximum 50 cm avec un niveau haut en avril ([Figure IV.20](#)) et un niveau bas en novembre.

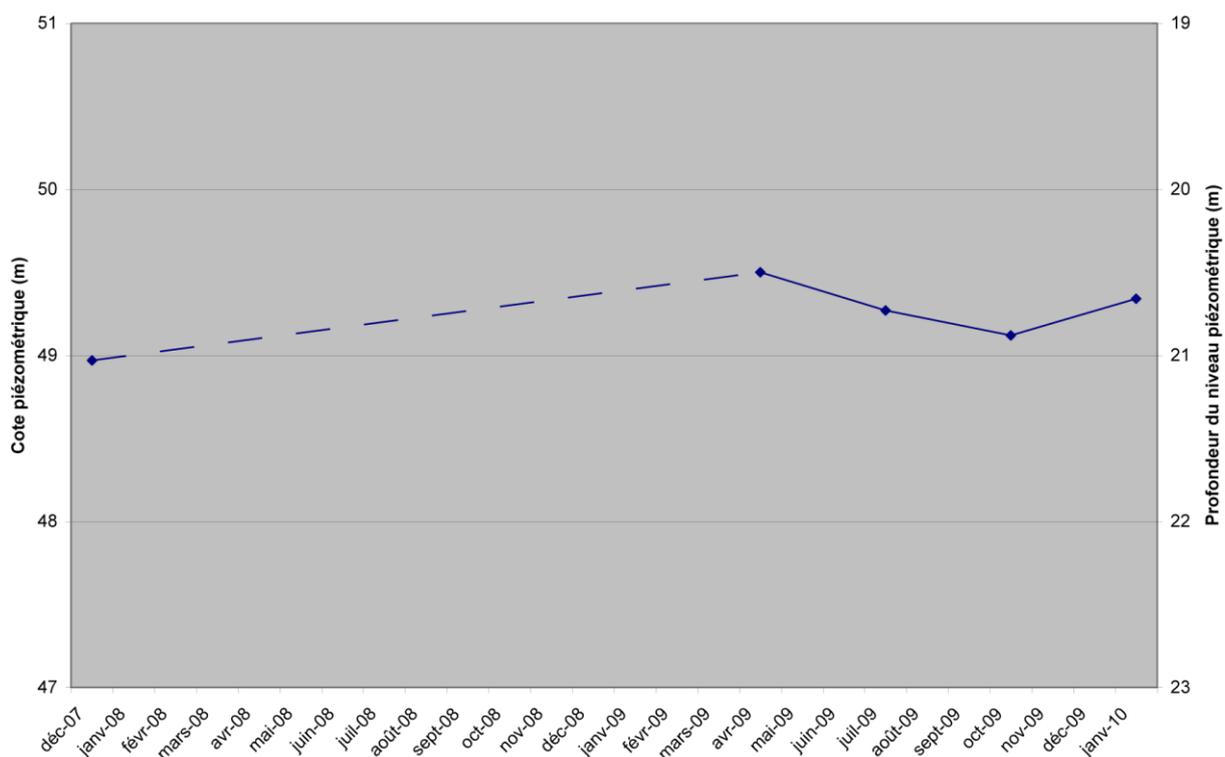


Figure IV.20 : Evolution piézométrique du PR1bis Saint-Sulpice de décembre 2007 à janvier 2010.

Le PR2bis a fait l'objet d'une seule mesure piézométrique le 16/04/2009 ; la nappe se situait alors à 22,4 m de profondeur, soit une cote piézométrique de 50 m. Ce piézomètre, profond de 35 m, se situe à une altitude de 72,44 m.

Le PR3bis a également fait l'objet d'une seule mesure piézométrique le 01/10/2009 ; la nappe se situait à 11 m de profondeur, soit une cote piézométrique de 48,9 m. Ce piézomètre, profond de 20 m, se situe à une altitude de 59,9 m.

Les cotes piézométriques semblent indiquer que l'écoulement local de la nappe des sables du Paléocène se fait avec un gradient faible en direction de la Petite Gette dont le thalweg est à environ 50 m d'altitude.

Les différences d'altitude entre les cotes du PR1 (craies) et du PR1bis (sable), prises au même moment, indiquent qu'il existe bien une discontinuité hydraulique entre la nappe des craies du Crétacé et celle des sables du Paléocène. La présence d'un niveau argileux continu dans le Landénien au niveau de ce forage (S.W.D.E., Aquabase⁶) est probablement à l'origine de ce décrochement des niveaux piézométriques.

⁶ Base de données de la S.W.D.E.

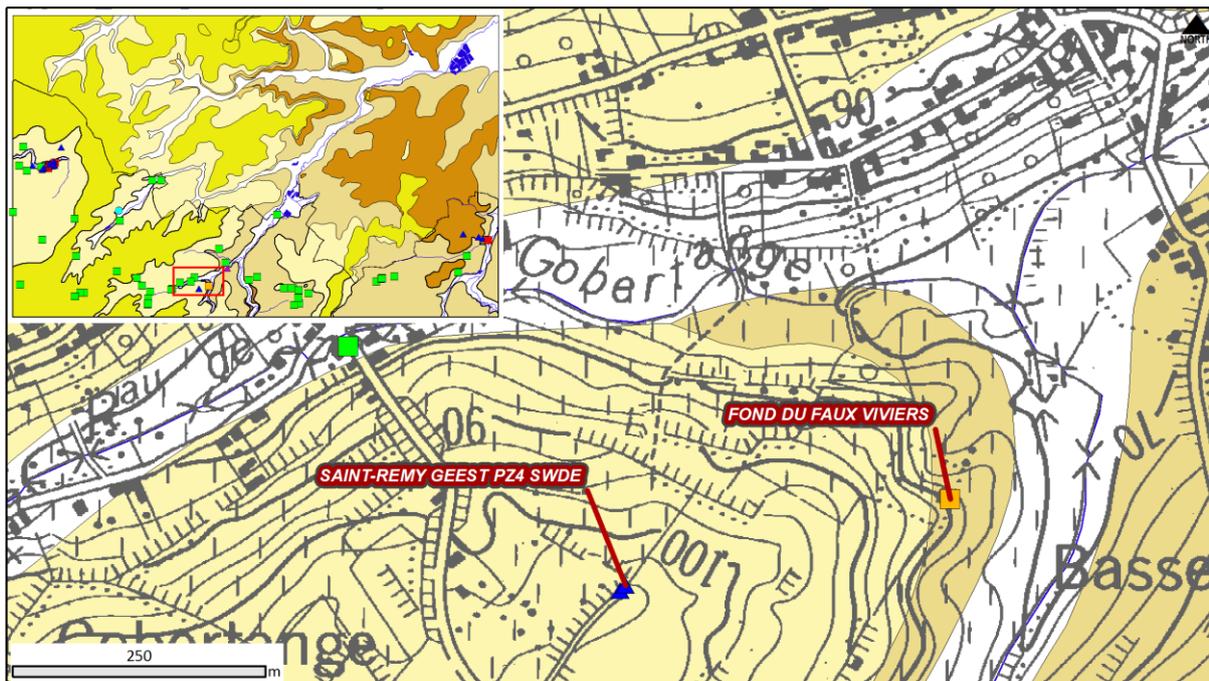


Figure IV.21 : Localisation du piézomètre SAINT-REMY GEEST PZ4 S.W.D.E. et du puits sur galerie par gravité FOND DU FAUX VIVIERS à Saint-Rémy.

A Saint-Remy, au sud de la carte, le piézomètre SAINT-REMY GEEST PZ4 S.W.D.E. (Figure IV.21), profond de 45 m, a donné un niveau de 29,3 m de profondeur le 27/08/2009, soit une cote piézométrique de 75,7 m. Ce piézomètre est utilisé pour la surveillance du puits sur galerie par gravité FOND DU FAUX VIVIERS sollicitant la nappe des sables du Paléocène.

IV.2.1.4. Aquifère des sables de l'Eocène

En 2005, dans le cadre de l'étude visant à définir les zones de prévention du captage de Beauvechain (S.W.D.E., 2009), des isopièzes ont été établis sur base de relevés piézométriques mesurés sur les ouvrages du captage. Ces isopièzes montrent que le sens d'écoulement local de l'Aquifère des sables de l'Eocène se fait en direction du nord, vers la Nethen.

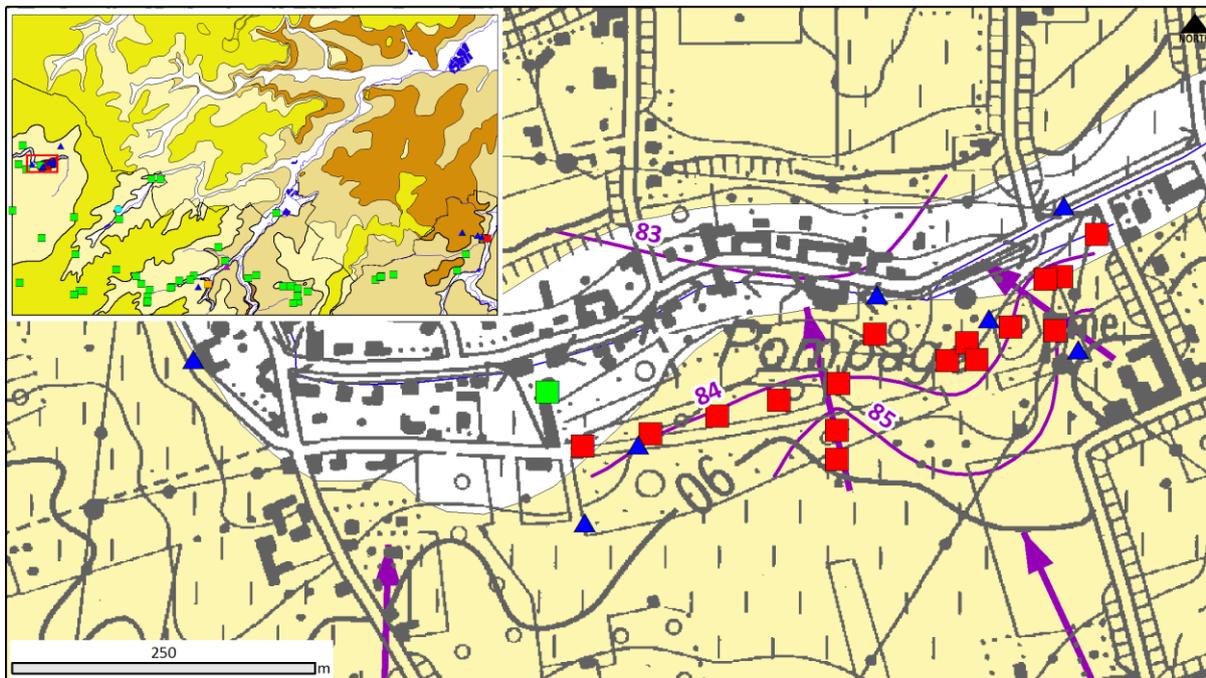


Figure IV.22 : Isopièzes (2005) et sens d'écoulement local de la nappe des sables de l'Eocène au niveau du captage de Beauvechain.

Cette même étude avait montré un sens d'écoulement différent pour la nappe sous-jacente des craies du Crétacé (voir IV.2.1.2, p. 47), ce qui laisse supposer une discontinuité hydraulique, probablement par l'existence d'une limite hydrogéologique (couche peu perméable) dans l'Aquifère du Paléocène, situé entre la nappe des craies et celle des sables de l'Eocène.

En 2009, les sept piézomètres crépinés dans l'Aquifère des sables de l'Eocène et servant à la surveillance du captage de Beauvechain (Figure IV.23) ont fait l'objet de relevés piézométriques :

- Les piézomètres BEAUVECHAIN PZ1 et PZ2 ont fait l'objet de mesures régulières (Figure IV.24) :
 1. Le niveau piézométrique du piézomètre BEAUVECHAIN PZ1, profond de 30 m, varie peu, entre 85 m et 85,4 m, du fait de sa proximité avec la Nethen, qui sert de niveau de base à cet aquifère, et dont le thalweg est à environ 85 m ;
 2. Le piézomètre BEAUVECHAIN PZ2, profond de 77 m et situé à une altitude de 93,7 m, présente une courbe encore plus plate malgré son éloignement et montre un niveau de nappe bien rabattu, également en équilibre avec la Nethen.

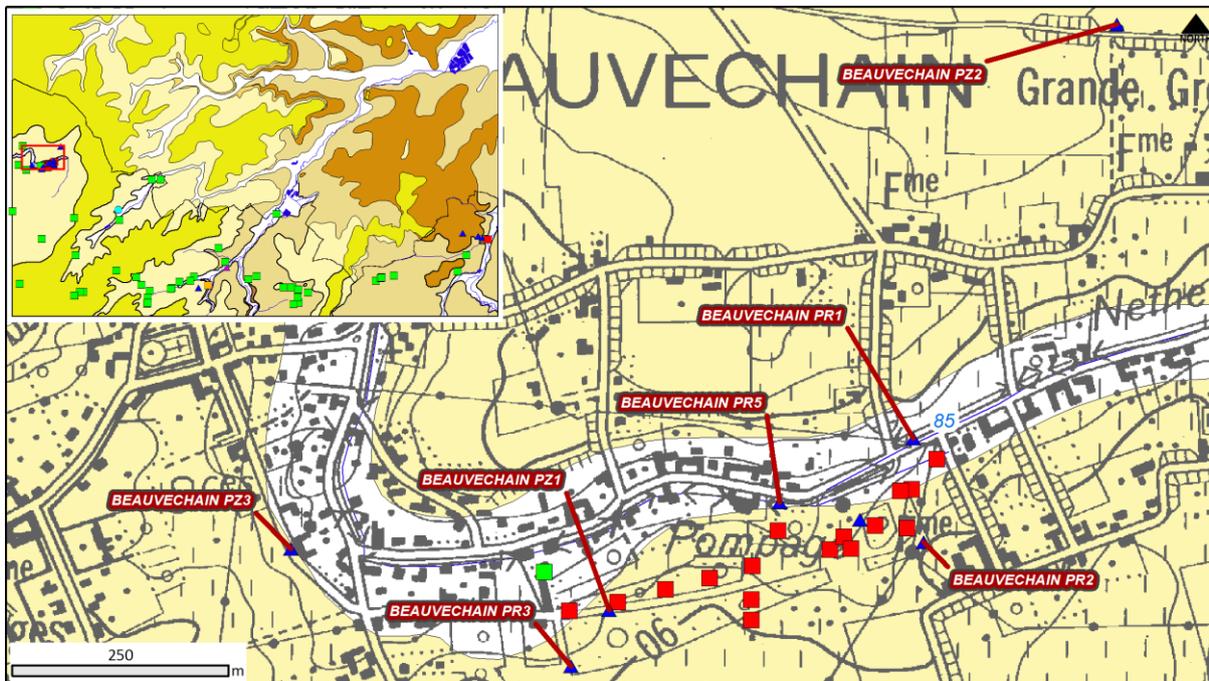


Figure IV.23 : Localisation des piézomètres servant à la surveillance de la batterie de puits du captage de Beauvechain.

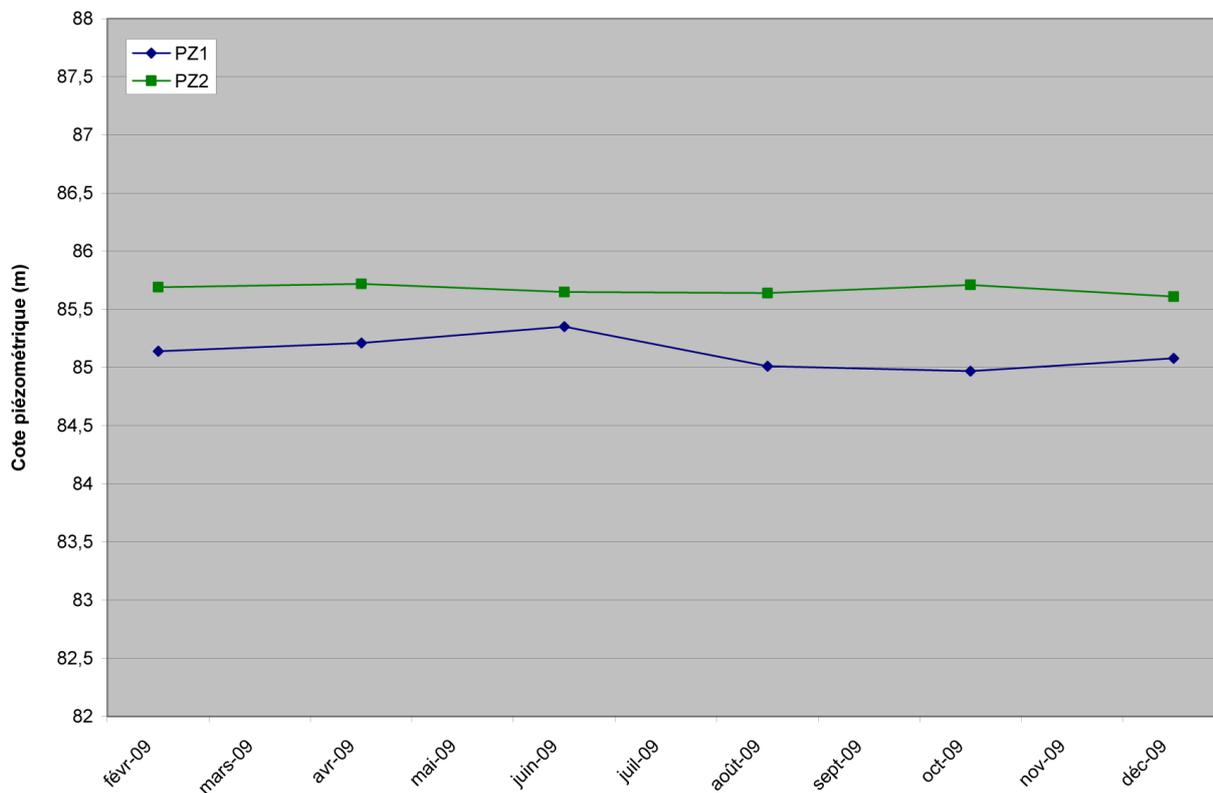


Figure IV.24 : Evolution du niveau piézométrique de la nappe des sables de l'Eocène au niveau des piézomètres BEAUVECHAIN PZ1 et PZ2 au cours de l'année 2009.

- Une campagne piézométrique ponctuelle a été réalisée le 27/02/2009 sur six des sept piézomètres, les résultats sont synthétisés dans le [Tableau IV.4](#). Ces mesures sont en accord avec un écoulement vers la Nethen.

NOM	X	Y	Z	Niveau piézométrique (m)	Cote piézométrique (m)
PR 2	179388	163205	89,13	3,38	85,75
PR 3	178981	163061	88,05	2,46	85,59
PR 5	179222	163251	85,47	0,46	85,01
PZ 1	179025	163126	87,49	2,35	85,14
PZ 2	179611	163806	94,00	8,31	85,69
PZ 3	178658	163197	85,11	0,97	84,14

Tableau IV.4 : Résultats de la campagne piézométrique du 27/02/2009 sur le site de Beauvechain

- Au sud de la carte trois ouvrages situés à Mélin (Figure IV.25) ont fait l'objet d'une mesure piézométrique en août 2009 :
 1. Le puits MELIN MAISON DU BOIS (Figure IV.25), profond de 12,4 m, a renseigné la surface piézométrique à 10,1 m de profondeur le 14/08/2009, soit une cote piézométrique de 95,9 m ;
 2. Le puits MELIN RUE DU RIVAGE (Figure IV.25), profond de 12 m, a renseigné la surface piézométrique à 2,44 m de profondeur le 27/08/2009, soit une cote piézométrique approximative de 92,6 m ;
 3. Le puits MELIN R DE LA HESSEREE (Figure IV.25), d'une profondeur inconnue, a renseigné la surface piézométrique à une profondeur de 0,85 m le 27/08/2009, soit une cote piézométrique de 94,2 m.

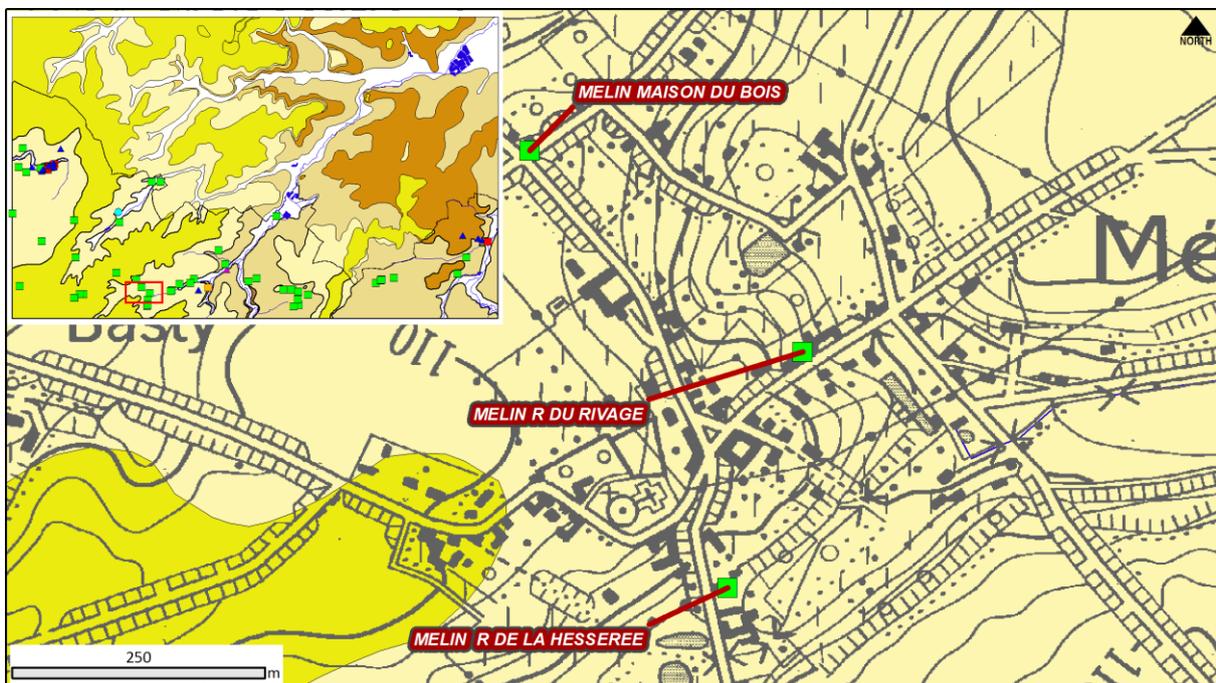


Figure IV.25 : Localisation des ouvrages MELIN MAISON DU BOIS, MELIN RUE DU RIVAGE et MELIN R DE LA HESSEREE sollicitant l'Aquifère des sables de l'Eocène.

Ces cotes indiquent un écoulement vers le ruisseau de Gobertange, situé à l'est, dont le thalweg est à une altitude d'environ 80 m. Ce ruisseau, drainant, sert donc de niveau de base à cette nappe.

IV.2.1.5. Aquifère des sables de l'Oligocène

Très peu d'ouvrages exploitent exclusivement l'Aquifère des sables de l'Oligocène sur la carte Meldert - Tienen. Ceci est probablement à mettre en relation avec à sa faible productivité, du fait de sa faible extension spatiale et de sa localisation sur des sommets topographiques.

Seul le puits MELIN SAINT ANTOINE (Figure IV.26), profond de 8 m, a permis un relevé piézométrique ; le 14/08/2009, la nappe était à une profondeur de 4,57 m, soit une cote piézométrique de 128,4 m.

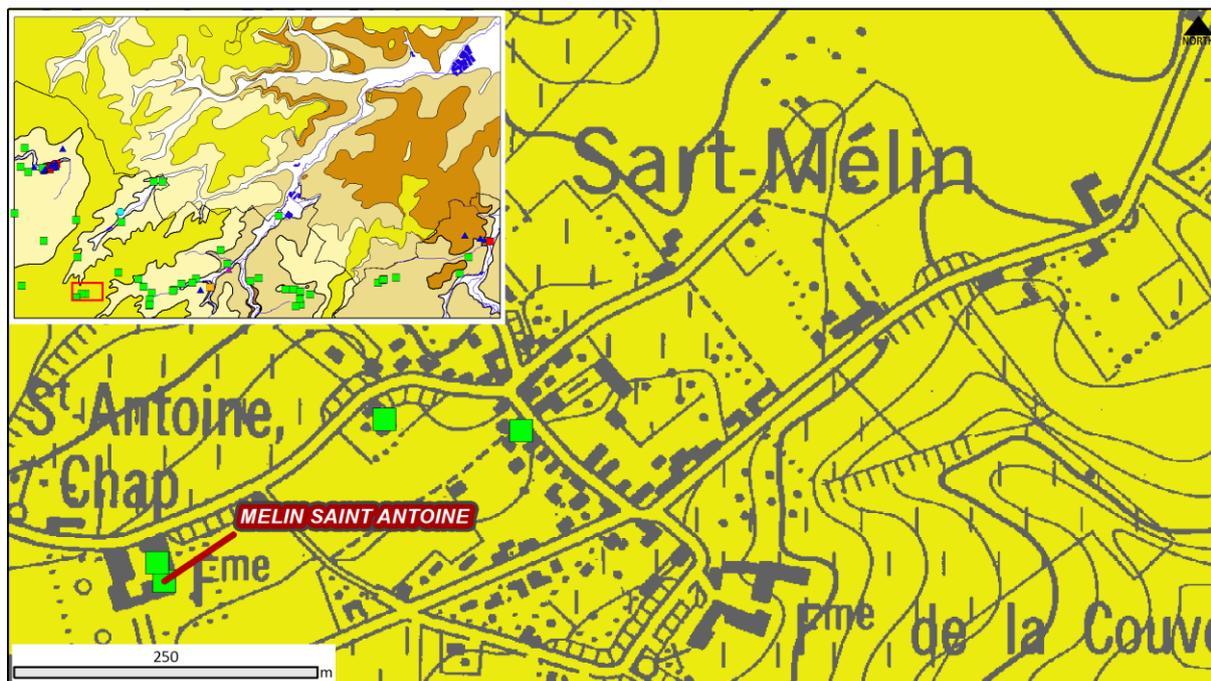


Figure IV.26 : Localisation du puits MELIN SAINT ANTOINE sollicitant l'Aquifère des sables de l'Oligocène.

Notons que cet aquifère est en continuité hydrogéologique avec l'Aquifère des sables de l'Eocène.

IV.2.1.6. Commentaires

Les nappes cénozoïques sont drainées par le réseau hydrographique qui influencera le niveau piézométrique en fonction de l'altitude de l'ouvrage et/ou de son éloignement par rapport à l'exutoire (rivière, source) de la nappe concernée. Par contre la nappe des craies du Crétacé est indépendante du réseau hydrographique.

Il existe une discontinuité hydraulique entre la nappe des craies du Crétacé et les sables du Paléocène, se marquant notamment, au niveau de la batterie de puits du captage de Beauvechain, par des sens d'écoulement différents.

Les différentes nappes cénozoïques sont en continuité hydraulique entre-elles et avec la nappe du socle cambro-silurien.

IV.2.2. Coupe hydrogéologique

Afin de mieux visualiser et de mieux comprendre la structure géologique et le comportement des nappes de la région de Meldert - Tienen, une coupe hydrogéologique a été réalisée (Figure IV.28). Le trait de coupe (Figure IV.27), orienté W-E, passe, d'ouest en est, à proximité de la localité de Mélin, non loin des villages de Saint-Remy-Geest et Saint-Jean-Geest et aboutit à proximité d'Opheylissem.

La position de la coupe a été choisie pour illustrer au mieux la géologie (structures et lithologies) et l'hydrogéologie (unités hydrogéologiques, cours d'eau,...) de la zone cartographiée, d'où sa position très au sud de la carte qui permet de recouper chacune des unités hydrogéologiques représentées et un maximum de cours d'eau.

La coupe traverse successivement des terrains subhorizontaux céno- et mésozoïques reposant en discordance sur l'unité structurale du Massif du Brabant. Ces zones présentent un contraste géologique et géomorphologique bien visible sur la coupe (Figure IV.28). Les terrains tabulaires sont inclinés légèrement vers le nord et sont entaillés par la Grande Gette, la Petite Gette et leurs principaux affluents ; les ruisseaux de Gobertange et de la Fontaine Brondelle pour la Grande Gette et le ruisseau de Golard pour la Petite Gette.

La Grande Gette entaille localement le socle paléozoïque à l'extrême sud de la carte où son paléorelief est le plus important. Les autres cours d'eau ne traversent que les couches cénozoïques c'est-à-dire les sables de l'Eocène et du Paléocène. Ces cours d'eau imposent le niveau piézométrique des nappes cénozoïques. Pour ces nappes, un sens d'écoulement global vers le nord est imposé par la Grande Gette et la Petite Gette, qui constituent les principaux exutoires sur cette carte, ainsi que par l'inclinaison générale (S-N) des différentes couches aquifères cénozoïques.

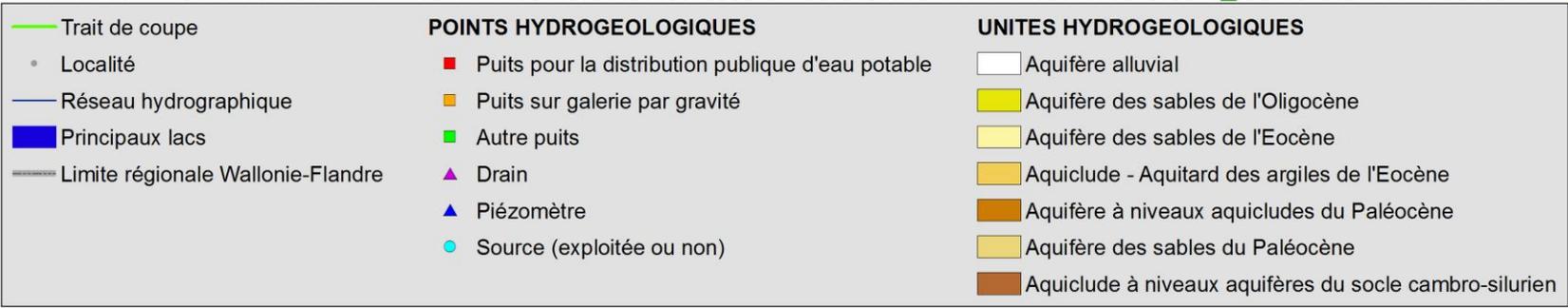
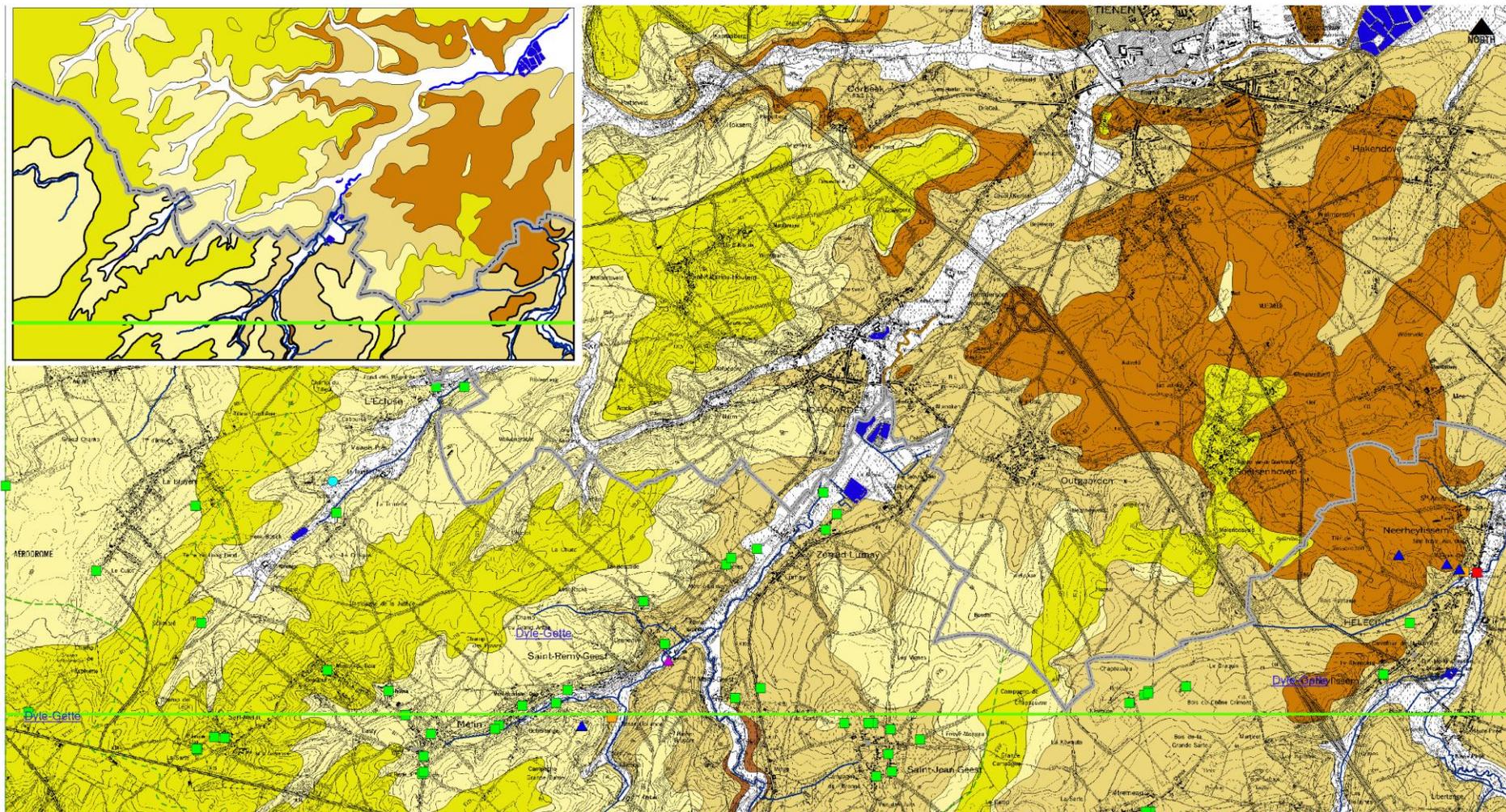
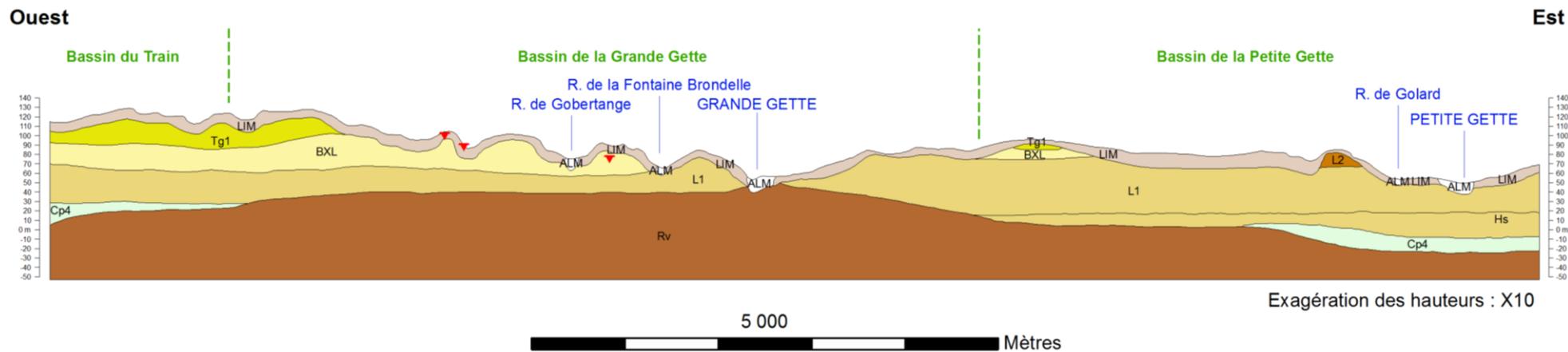


Figure IV.27 : Localisation du trait de coupe sur la carte Meldert - Tienen.



Unité hydrogéologique			
	Aquifère alluvial	 Aquifère à niveaux aquicludes du Paléocène	 Cote piézométrique ponctuelle
	Aquitard limoneux	 Aquifère des sables du Paléocène	 Limite de bassin versant
	Aquifère des sables de l'Oligocène	 Aquifère des craies du Crétacé	
	Aquifère des sables de l'Eocène	 Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien	

Figure IV.28 : Coupe hydrogéologique ouest-est de la carte Meldert - Tienen.

IV.3. CARACTÈRE LIBRE, SEMI-CAPTIF, CAPTIF DES NAPPES

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

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

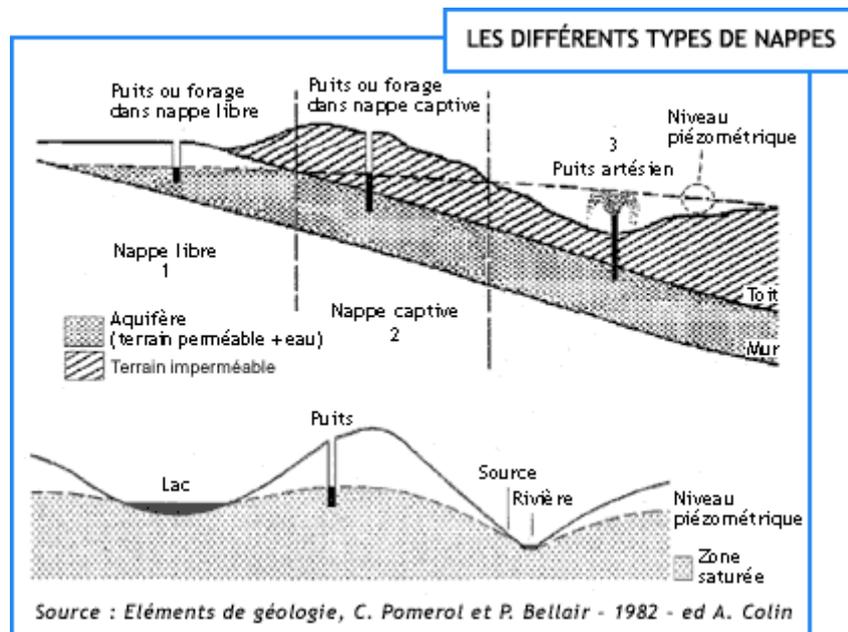


Figure IV.29 : Représentation schématique des différents types de nappes

La nappe des sables bruxelliens et landéniens ainsi que celle des craies du Crétacé constituent les principales nappes de la carte Meldert - Tienen. Trois types de nappe se rencontrent sur cette carte :

1. Les nappes libres des sables du Paléocène, de l'Eocène et de l'Oligocène ;
2. La nappe semi-captive à captive de l'Aquifère des sables du Paléocène. Dans la moitié est de la carte cet aquifère est surmonté soit par l'Aquifère à niveaux aquiclude du Paléocène soit par l'Aquiclude-aquitard de l'Eocène ;
3. La nappe captive de l'Aquifère des craies du Crétacé. Cet aquifère, qui n'affleure pas sur la carte, est surmonté par l'Aquifère des sables du Paléocène contenant des marnes plus ou moins argileuses. Ces sables sont eux-mêmes surmontés par l'Aquifère à niveaux aquicludes du Paléocène.

Ces différents caractères (libre, semi-captif, captif) sont présentés pour les aquifères situés sous les limons, sur la "**Carte des informations complémentaires et du caractère des nappes**" sur le document cartographique joint à cette notice.

V. CADRE HYDROCHIMIQUE

Ce chapitre dresse un aperçu de la composition chimique des eaux souterraines dans la région de Meldert – Tienen, ainsi que les principales problématiques liées à leur qualité.

V.1. CARACTÉRISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

Avant tout chose, il est important de définir la notion de fond hydrogéochimique naturel. L'hydrochimie d'un aquifère est le résultat de cinq paramètres, dont les quatre premiers sont à l'origine du fond hydrogéochimique naturel :

1. apports atmosphériques naturels ;
2. influence des sols (filtre, acidification) ;
3. lithologie du réservoir ;
4. temps de séjour de l'eau dans le réservoir ;
5. apports anthropiques.

Dans les données hydrochimiques qui suivent, certains paramètres restent représentatifs d'une situation naturelle mais il est réaliste de considérer que le fond hydrogéochimique des nappes n'est plus observable pour certains éléments tels que les nitrates et dans une moindre mesure pour les chlorures, les sulfates, etc.

Les analyses chimiques ne sont pas nombreuses sur la carte Meldert - Tienen. Toutefois, des analyses sont disponibles pour les eaux des nappes des sables de l'Eocène, des sables du Paléocène et des craies du Crétacé. Ces analyses proviennent de campagnes d'échantillonnage effectuées par la S.W.D.E. (puits de distribution) ainsi que par l'ISSeP sur des puits de particuliers.

Les résultats des analyses d'eau provenant de ces puits sont décrits ci-dessous.

Les ouvrages pour lesquels des données chimiques sont disponibles sont localisés par un pentagone rouge sur la "**Carte des informations complémentaires et du caractère des nappes**" sur le poster joint à cette notice.

V.1.3. Aquifère des craies du Crétacé

Seuls deux puits sollicitant la nappe des craies du Crétacé ont fait l'objet d'analyses chimiques, le puits BROUX.N°3019-13 situé à Beauvechain (Figure IV.15, p. 48), actuellement inactif, et le puits P1 à Hélécin (Figure IV.17, p. 49). Le Tableau V.1 reprend les résultats d'analyses les plus récents disponibles pour ces deux puits.

Paramètres	Unités	Norme	BROUX.N°3019-13	P1
Profondeur (m)			80	/
Date de prélèvement			03/08/1999	19/06/2000
pH	unité pH	6,5 à 9,2	7,4	7,2
Conductivité électrique	µS/cm	2100	633	660
Aluminium	µg/l Al	200	4	0
Calcium	mg/l Ca	270	79,1	115,7
Sodium	mg/l Na	200	40,7	18,9
Potassium	mg/l K		7,1	3
Magnésium	mg/l Mg	50	19,7	15
Fer (total dissous)	µg/l Fe	200	785	1 756
Manganèse	µg/l Mn	50	15	56
Nitrates	mg/l NO ₃	50	1	1
Nitrites	mg/l NO ₂	0,5	0	0
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	0,14	0,12
Phosphates	µg/l PO ₄		0,04	0,08
Chlorures	mg/l Cl	250	30	30
Sulfates	mg/l SO ₄	250	23	29
TAC	° F		31,9	32,9

Tableau V.1 : Résultats des analyses chimiques pour l'Aquifère des craies du Crétacé.

Comme les laissent supposer la nature carbonatée de cette unité, les eaux analysées sont de faciès bicarbonaté calcique (type CaHCO₃) et le pH est neutre à légèrement basique. On constate un très fort dépassement de la norme de potabilité pour le fer (785 et 1 756 µg/l) dans les deux puits. Ce phénomène est fréquent dans le cas des nappes profondes. L'excès de fer peut aisément être éliminé par une oxydation et une filtration des eaux.

V.1.4. Aquifère des sables du Paléocène

Plusieurs ouvrages sollicitant l'Aquifère des sables du Paléocène ont fait l'objet d'analyses chimiques ([Tableau V.2](#)) :

- A Saint-Remy-Geest, la galerie FOND DU FAUX VIVIER et le drain LE MARINAL ([Figure V.1](#)) ;
- A Hélécine, la galerie SAINT-SULPICE ([Figure V.2](#)) ;
- A Saint-Jean-Geest, le puits DE CHEZ EUGENE ([Figure V.2](#)).

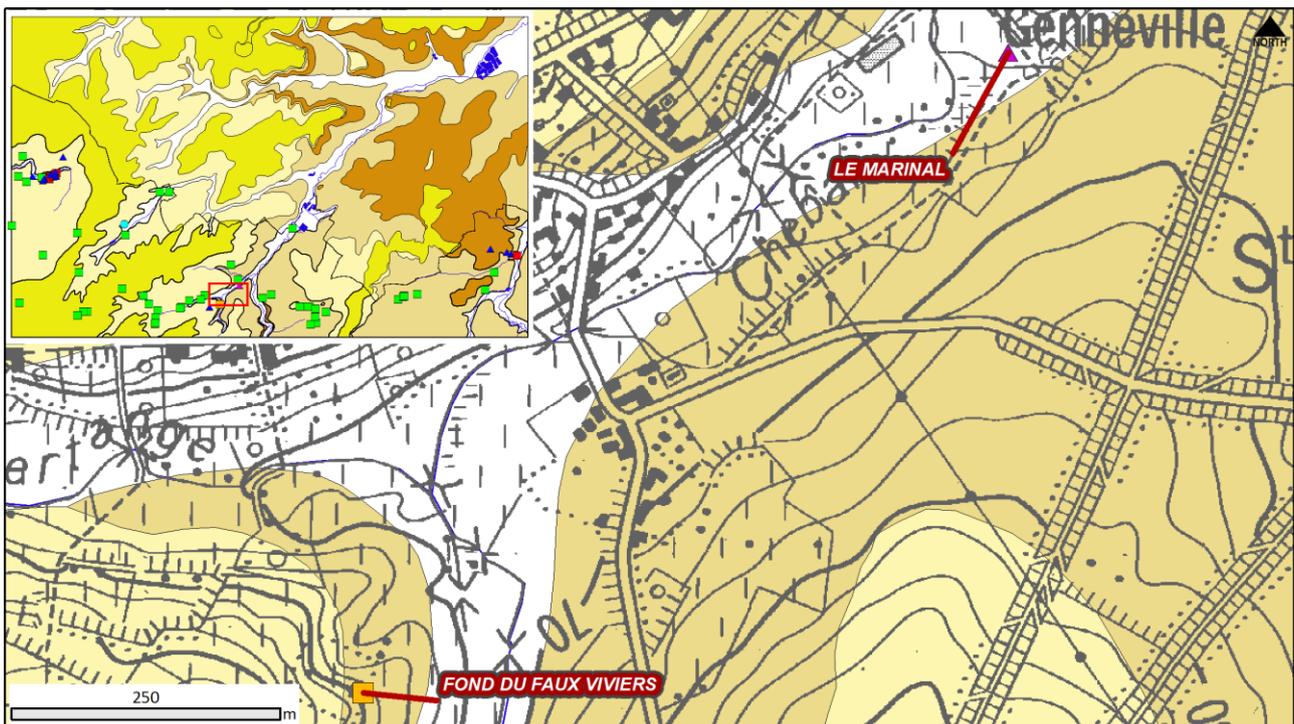


Figure V.1 : Localisation de la galerie FOND DU FAUX VIVIER et du drain LE MARINAL à Saint-Remy-Geest.

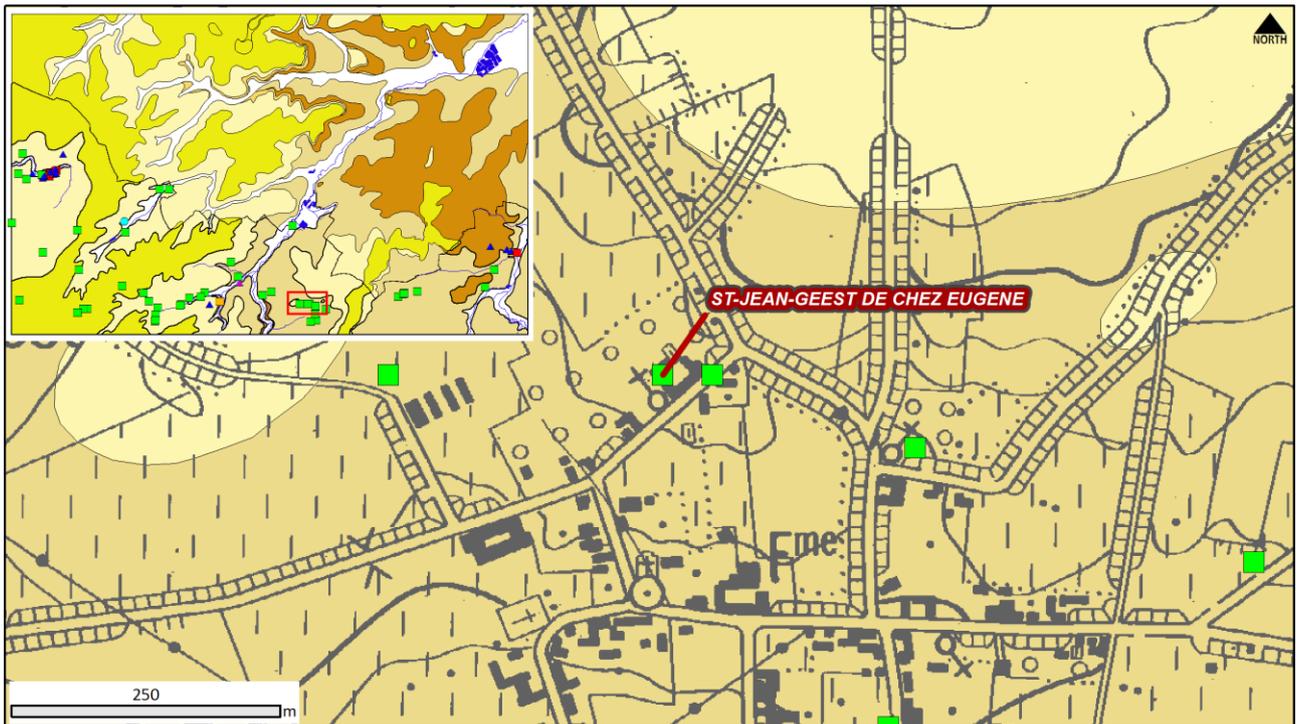


Figure V.2 : Localisation du puits DE CHEZ EUGENE à Saint-Jean-Geest.

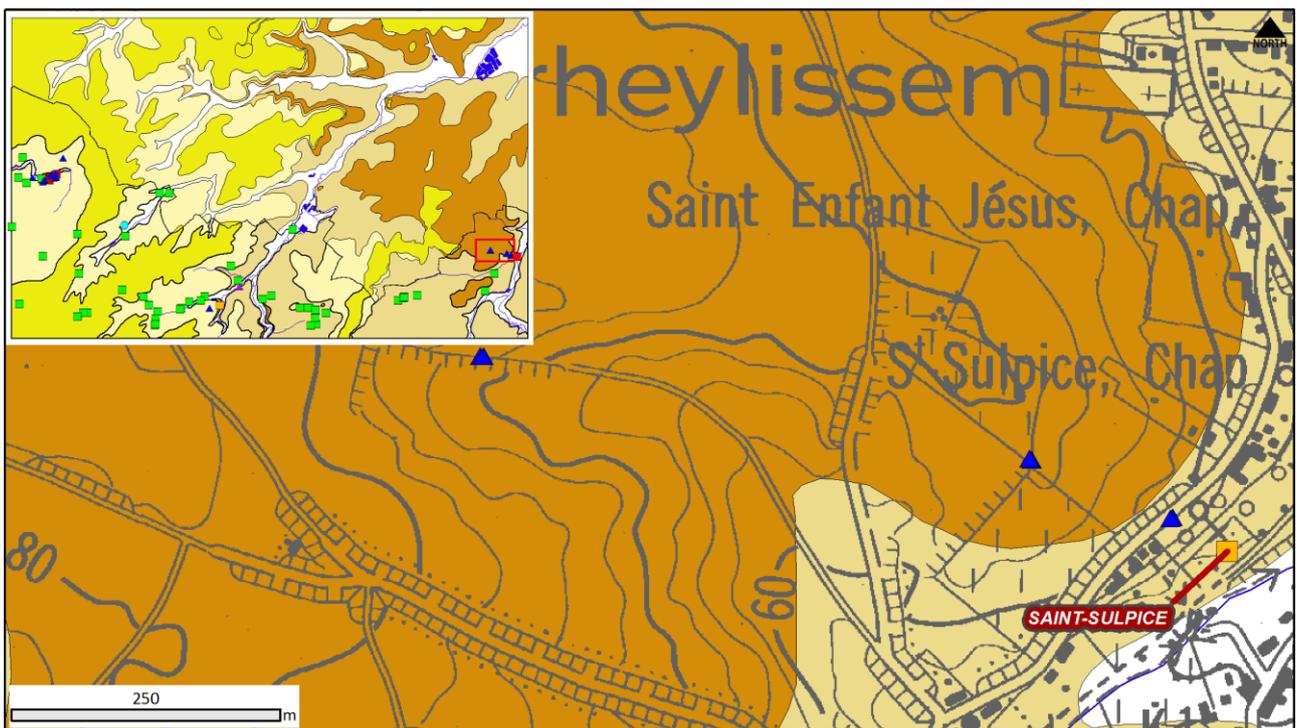


Figure V.3 : Localisation de la galerie SAINT-SULPICE à Hélicine.

Paramètres	Unités	Norme	FOND DU FAUX VIVIER	SAINT-SULPICE	LE MARINAL	ST-JEAN-GEEST DE CHEZ EUGENE
Profondeur (m)			Galerie	Galerie	Drain	16
Date de prélèvement			20/11/1996	22/02/2000	23/11/1999	12/02/2007
pH	unité pH	6,5 à 9,2	7,2	7	7	6,8
Conductivité électrique	µS/cm	2100	843	828	907	1089
Aluminium	µg/l Al	200	-	29	3	-
Calcium	mg/l Ca	270	160,6	162	169,1	181
Sodium	mg/l Na	200	12,1	13,3	11,8	30
Potassium	mg/l K		1,1	2,4	2,1	11,6
Magnésium	mg/l Mg	50	19,6	19,8	18	28
Fer (total dissous)	µg/l Fe	200	5	106	12	-
Manganèse	µg/l Mn	50	-	9	1	-
Nitrates	mg/l NO ₃	50	29	26	49	68
Nitrites	mg/l NO ₂	0,5	0,01	0	0	0
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	0,02	0,01	0,03	0
Phosphates	µg/l PO ₄		2,58	0,09	0,07	0,06
Chlorures	mg/l Cl	250	62	61	58	88
Sulfates	mg/l SO ₄	250	108	105	108	133
TAC	° F		34,9	30	29,7	32,8

Tableau V.2 : Résultats des analyses chimiques pour l'Aquifère des sables du Paléocène

Les eaux analysées sont de type bicarbonatées calciques et magnésiennes à chlorurées et sulfatées, calciques et magnésiennes. Le pH est neutre ou proche de la neutralité. Les valeurs de conductivité sont relativement élevées (de 828 à 1 089 µS/cm). Seul le puits DE CHEZ EUGENE montre un dépassement de la norme de potabilité pour les nitrates, soit 68 mg/l. Le drain LE MARINAL se situait néanmoins juste en-dessous le 23/11/1999, soit 49 mg/l. On note également des teneurs en sulfates légèrement plus élevées pour cette nappe par rapport à l'aquifère des sables de l'Eocène, avec des valeurs toujours supérieures à 100 mg/l.

V.1.5. Aquifère des sables de l'Eocène

Plusieurs ouvrages sollicitant l'Aquifère des sables de l'Eocène ont fait l'objet d'analyses chimiques. Il s'agit essentiellement d'ouvrages de la batterie de puits du captage de Beauvechain (BEAUVECHAIN PR1, PR2, PR5, PZ1 et BROUX.N°3019-011, [Figure V.4](#)), et du puits L'ECLUSE PUIITS DE LA GAET situé dans le village de l'Ecluse ([Figure V.5](#)).

Ces eaux sont de type $\text{Ca-HCO}_3\text{-SO}_4$. Le pH est proche de la neutralité et les conductivités sont relativement élevées. Chlorures et sulfates sont souvent présents en concentrations assez élevées, respectivement supérieures à 35 mg/l et 60 mg/l.

On remarque de légers dépassements de la norme de potabilité pour les nitrates sur trois puits du site de Beauvechain (en rouge dans le [Tableau V.3](#)). Ces valeurs élevées (supérieures à 50 mg/l) s'expliquent par la mauvaise protection de cet aquifère dont la position superficielle ne lui garantit pas une bonne protection contre les pollutions, notamment d'origine agricole.

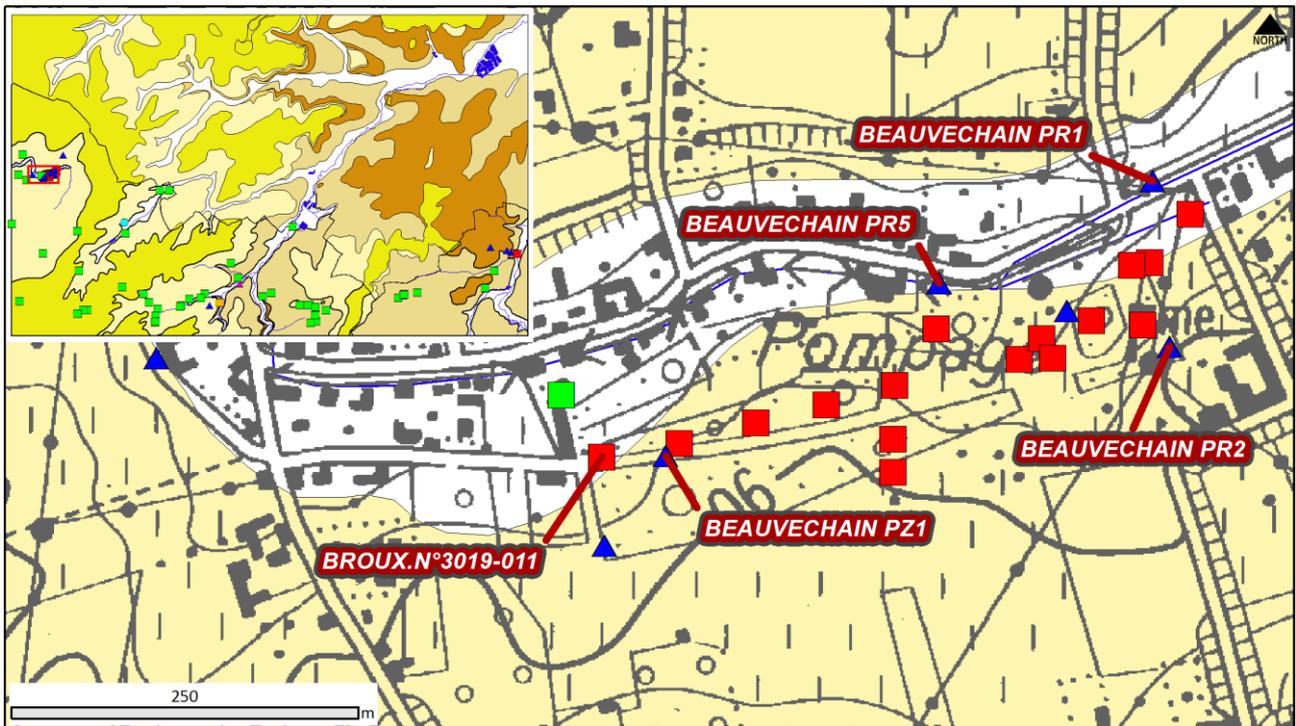


Figure V.4 : Localisation des ouvrages BEAUVECHAIN PR1, PR2, PR5, PZ1 et BROUX.N°3019-011.

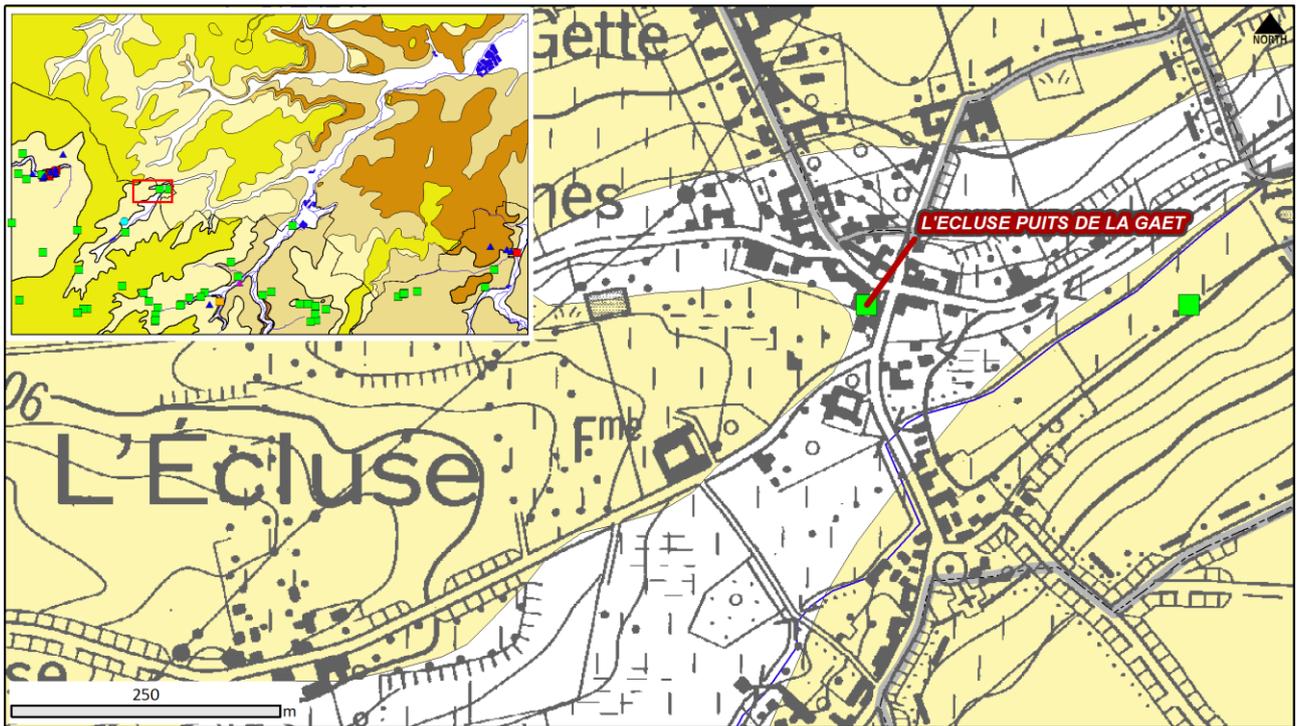


Figure V.5 : Localisation du puits de particulier L'ECLUSE PUIITS DE LA GAET.

Paramètres	Unités	Norme	BEAUVECHAIN PR1	BEAUVECHAIN PR2	BEAUVECHAIN PR5	BROUX N°3019 11	BEAUVECHAIN PZ1	L'ECLUSE
Profondeur (m)			27	32	26	26	30	15
Date de prélèvement			26/11/2007	03/06/2008	20/11/2007	10/04/2000	26/05/2008	12/01/2009
pH	unité pH	6,5 à 9,2	7,2	7,4	7,3	7,1	7,8	7,6
Conductivité électrique	µS/cm	2100	912	889	946	834	848	773
Aluminium	µg/l Al	200	13	<3	<6	4	5	1,3
Calcium	mg/l Ca	270	171,4	142,1	179,9	153,5	137,5	132,3
Sodium	mg/l Na	200	22,9	19,8	21,3	23,3	19,7	28,7
Potassium	mg/l K		1,2	8,8	2,2	2,6	3,8	3,7
Magnésium	mg/l Mg	50	22	17,7	22,9	20,7	17,8	19,5
Fer (total dissous)	µg/l Fe	200	<12	18	<12	6	18,6	9,7
Manganèse	µg/l Mn	50	1,9	1,5	1	1	0,4	3,8
Nitrates	mg/l NO ₃	50	67,8	-	53,4	51	40,7	41,2
Nitrites	mg/l NO ₂	0,5	0	-	0	0	0	0
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	0,02	-	<0,02	0	0	-
Phosphates	µg/l PO ₄		<0,05	0,06	<0,05	0,1	0	0,05
Chlorures	mg/l Cl	250	55,6	46,8	70,9	47	34,9	-
Sulfates	mg/l SO ₄	250	88,1	87,4	80,6	85	60,4	-
TAC	° F		35,8	32,5	40,3	32,8	34,3	-

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

V.1.6. Commentaires

Les analyses reprises ci-dessus donnent un premier aperçu des compositions chimiques des eaux souterraines susceptibles d'être rencontrées sur la carte Meldert - Tienen. Les résultats des analyses chimiques sont généralement traités avec un diagramme de Piper (Figure V.6), dans lequel on ne considère que les concentrations relatives des cations et des anions supérieures à 10 %. Les deux diagrammes triangulaires permettent de visualiser les faciès anionique et cationique des échantillons d'eau, tandis que le diagramme losangique propose un faciès global.

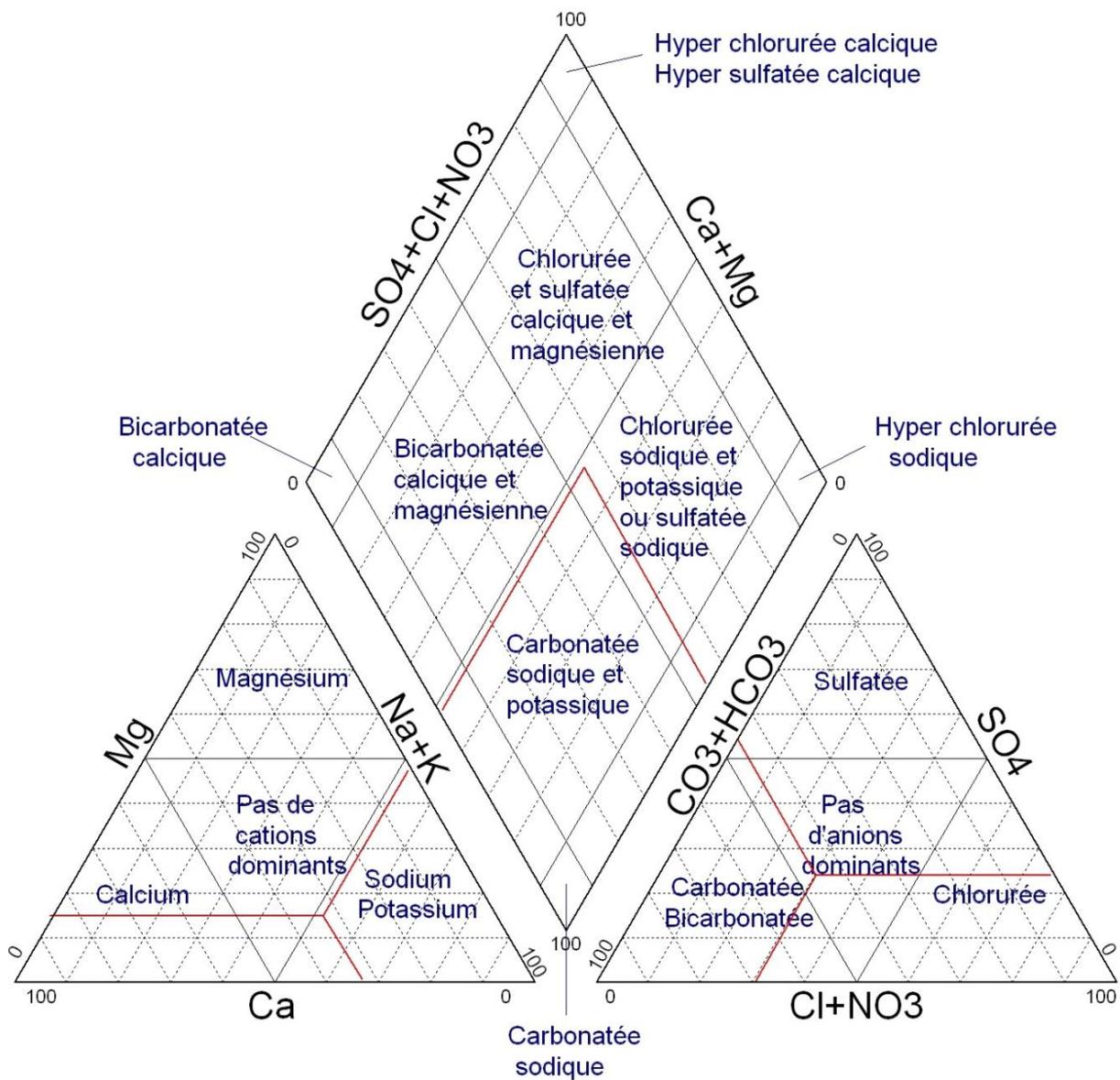


Figure V.6 : Classification hydrochimique des eaux souterraines selon un diagramme de Piper (d'après Fetter, 2001, modifié)

La Figure V.7 reprend sur le diagramme de Piper la position des échantillons analysés. Les données hydrochimiques disponibles dans la région de Meldert - Tienen, bien que peu nombreuses, permettent de classer les eaux souterraines dans les eaux bicarbonatées calciques et magnésiennes et dans les eaux chlorurées et sulfatées, calciques et magnésiennes pour quelques rares échantillons de l'Aquifère des sables du Paléocène. On constate un regroupement logique des ouvrages sur le diagramme en fonction du type d'aquifère. Le puits BROUX 3019-13, sollicitant l'Aquifère des craies du Crétacé, s'écarte du pôle Ca assez largement comparativement à l'échantillon du puits P1. Ceci est dû à l'action combinée d'une teneur en calcium plus faible et d'une teneur plus riche en sodium. Une telle teneur en sodium est quelque peu étonnante pour un aquifère crayeux et cette anomalie ne s'observe d'ailleurs pas au puits P1.

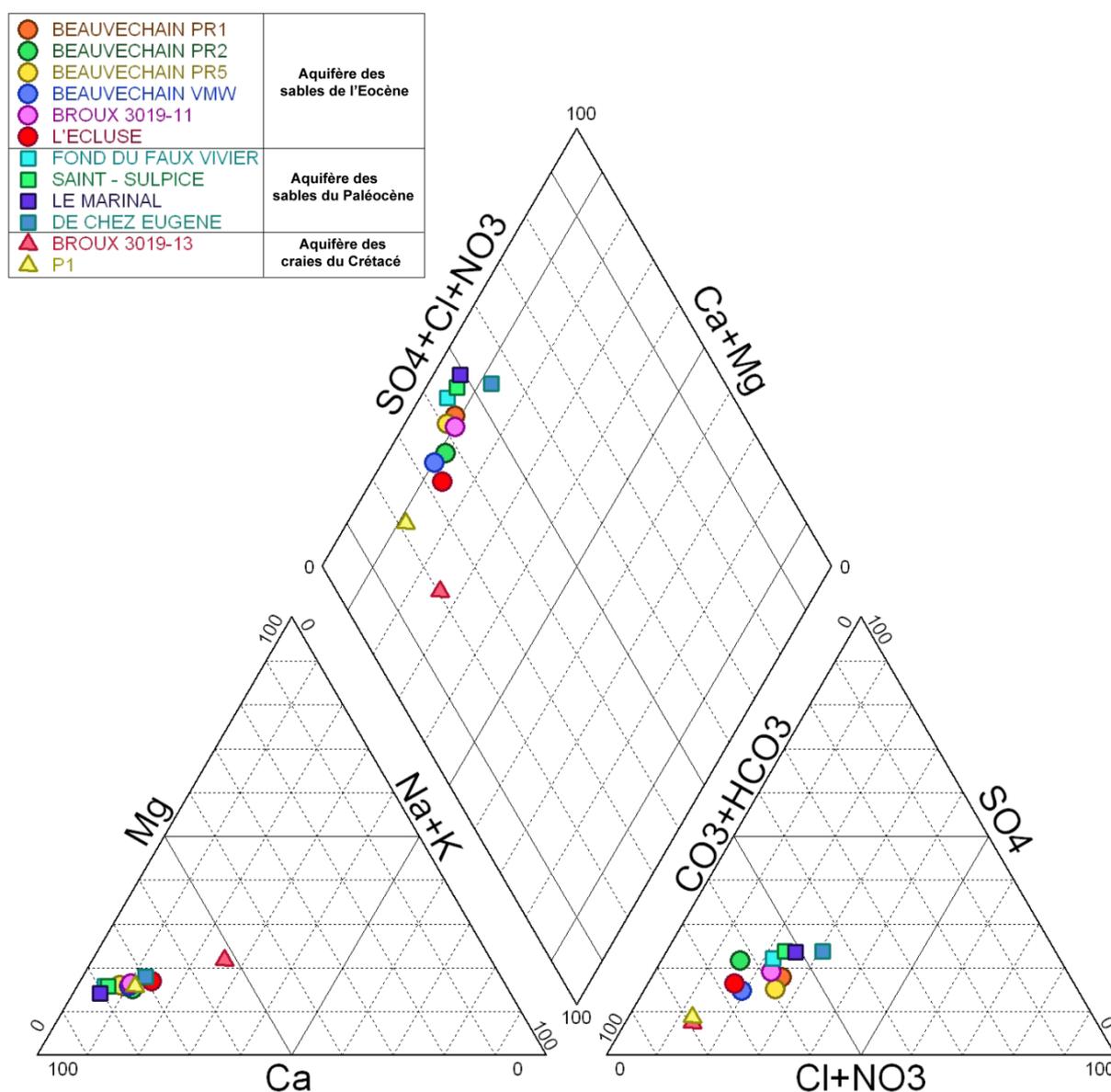


Figure V.7 : Position des analyses hydrochimiques des eaux de la carte Meldert - Tienen sur le diagramme de Piper.

V.2. PROBLÉMATIQUE DES NITRATES

Le nitrate est certainement l'élément nutritif le plus problématique en termes de contamination des eaux souterraines potabilisables (dépassement des normes définies pour la protection de la santé humaine. Les concentrations "naturelles" en nitrate dans les eaux souterraines sont généralement inférieures à 10 mg NO₃/l. Des teneurs plus élevées résultent principalement de rejets dispersés (puits perdants, fuites dans les réseaux de collecte des eaux usées...) et de contaminations diffuses des sols, notamment lorsque les apports d'azote excèdent les besoins des végétaux (Cellule Etat de l'Environnement Wallon, 2007).

Afin de limiter les apports (essentiellement agricoles) en nitrates, des zones vulnérables ont été délimitées dans le cadre de la Directive Européenne Nitrates (91/976/CEE). Elles sont établies afin de protéger les eaux de surface et les eaux souterraines contre la pollution par les nitrates. Ces zones vulnérables sont des périmètres de protection des eaux souterraines et de surface contre les nitrates d'origine agricole. De nouvelles modifications ont été apportées récemment (arrêté du Gouvernement wallon du 15 février 2007 : la zone Nord du sillon Sambre et Meuse a été adoptée et l'extension de la zone Sud Namurois a été modifiée. L'ensemble des zones vulnérables aujourd'hui désignées (Sables bruxelliens, Crétacé de Hesbaye, Sud Namurois, Comines-Warneton, Pays de Herve et Nord du sillon Sambre et Meuse, **Figure V.8**) permet de couvrir 7 073 km², soit 41,8 % du territoire wallon correspondant à 68,7 % des volumes prélevés en eaux souterraines pour la distribution publique. Ces zones reprennent la quasi-totalité (97 %) des captages échantillonnés dépassant la norme de potabilité (50 mg/l) et plus des deux tiers (67,8 %) des captages dont la teneur en nitrate est comprise entre 25 et 50 mg/l (<http://environnement.wallonie.be/>).

La carte Meldert - Tienen, en Brabant wallon, se situe à cheval sur deux zones vulnérables aux nitrates (**Figure V.8**) :

- "Nord du sillon de la Sambre et de la Meuse" ;
- "Sables bruxelliens".

Pour le Brabant flamand, depuis le 1er janvier 2007, l'entièreté de la Flandre⁷ est désignée comme "zone vulnérable aux nitrates" dans le cadre de la Directive européenne "Nitrates".

La carte Meldert - Tienen est donc entièrement située en zone vulnérable aux nitrates.

⁷ Pour plus d'informations sur les zones vulnérables aux nitrates en Flandre, consulter le site Internet DOV.

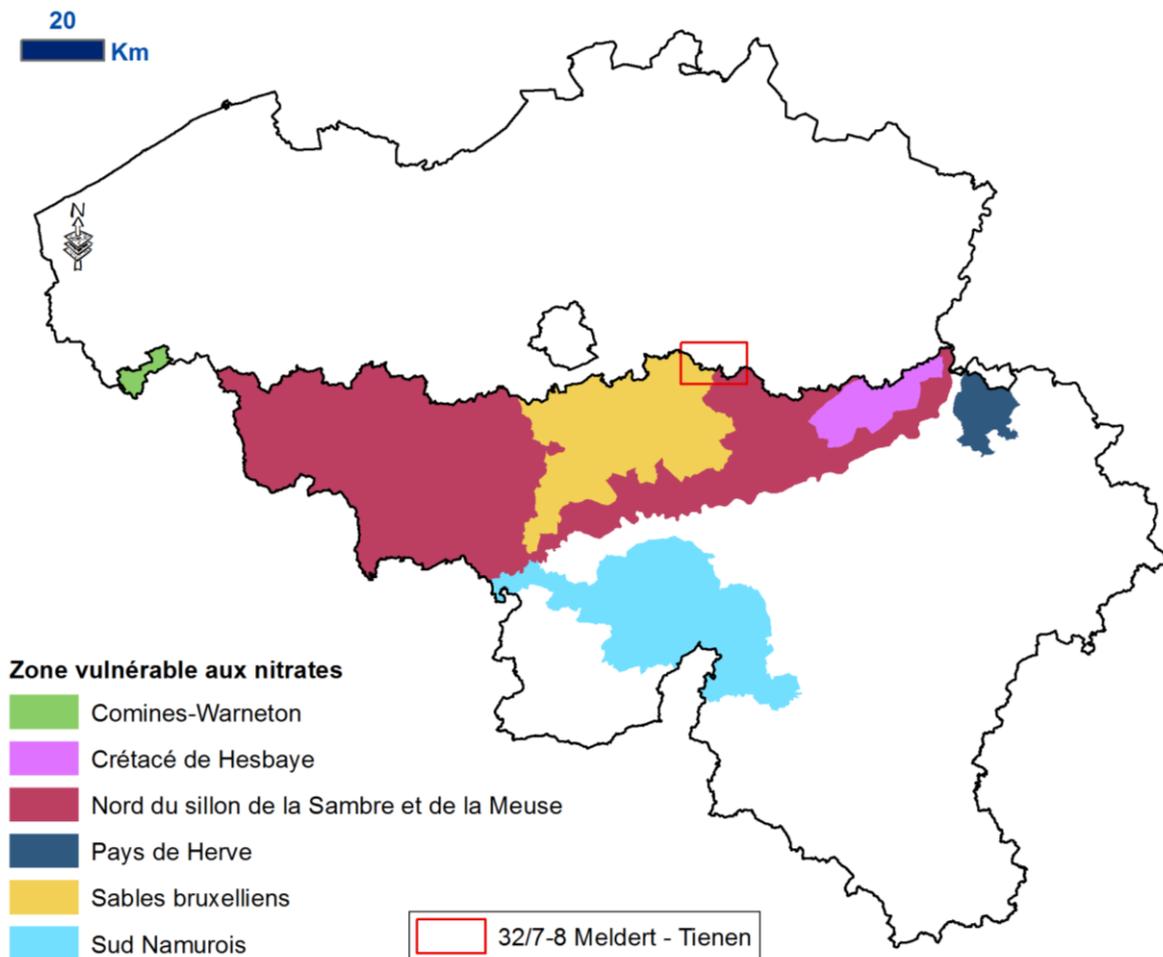


Figure V.8: Zones vulnérables aux nitrates arrêtées en Wallonie. Localisation de la carte Meldert – Tienen.

La surveillance systématique des teneurs en nitrate dans les nappes d'eau souterraine est organisée en Région wallonne depuis 1994. Un programme de surveillance, appelé "survey nitrate", a été mis en place en application de la directive 91/676/CEE relative à la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole. Les résultats issus du survey nitrate, permettent, d'une part, d'identifier les aquifères les plus affectés par ce type de pollution et, d'autre part, de contrôler l'efficacité à terme des mesures contenues dans le programme de gestion durable de l'azote en agriculture (PGDA). La majorité des analyses sont réalisées par les exploitants de prises d'eau potabilisable, tandis que l'Institut Scientifique de Service Public (ISSeP) complète l'acquisition des données dans les nappes à risque et moins exploitées (Sables thanétiens, Crétacé du Pays de Herve...). L'ensemble constitue un réseau représentatif de 969 points répartis sur le territoire wallon. Le contrôle comprend au minimum trois analyses par an mais leur fréquence peut être augmentée en fonction de la population desservie (une analyse par mois pour les galeries de Hesbaye p. ex.). L'ensemble des données est transmis à la DGRNE (base de données CALYPSO) qui pratique ensuite une validation des informations reçues. (Cellule Etat de l'Environnement Wallon, 2007).

A l'état naturel, les eaux souterraines sont pauvres en nitrates ($\text{NO}_3 < 10 \text{ mg/l}$). On peut considérer qu'une teneur en nitrates supérieure à 10 mg/l traduit une influence anthropique significative (Brouyère *et al.*, 2009).

Les données relatives aux concentrations en nitrates relevées dans les puits de la carte Meldert - Tienen proviennent de la S.W.D.E. et concernent deux ouvrages seulement (Figure V.9) :

- Le puits BROUX.N°3019-13 sollicitant la nappe des craies du Crétacé ;
- Le puits BROUX.N°3019-011 sollicitant la nappe des sables de l'Eocène.

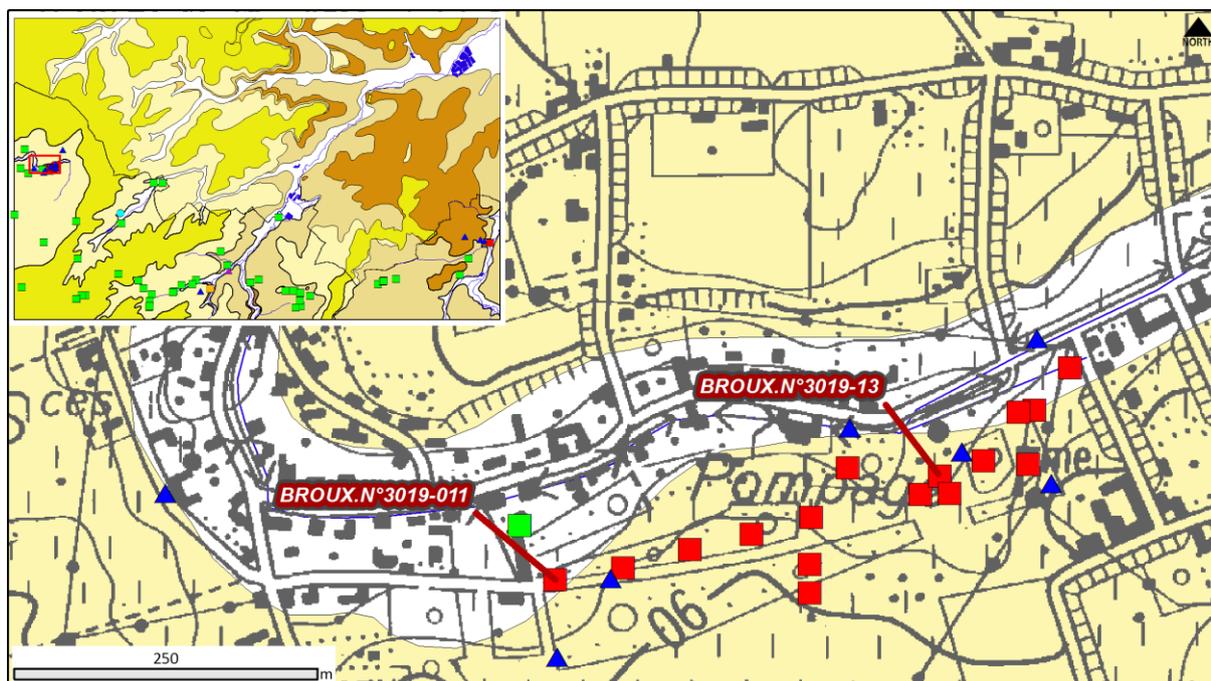


Figure V.9 : Localisation des puits BROUX.N°3019-13 et BROUX.N°3019-011 sollicitant respectivement la nappe des craies du Crétacé et la nappe des sables de l'Eocène.

V.2.7. Aquifère des craies du Crétacé

L'ouvrage BROUX.N°3019-13 (Figure V.9), situé à Beauvechain a fait l'objet d'analyses régulières des teneurs en nitrates de 1997 à 2004 (Figure V.10). Les résultats montrent des concentrations extrêmement faibles voire nulles. Ceci résulte probablement de la bonne protection de l'Aquifère des craies du Crétacé contre les pollutions de surface, du fait notamment de la présence de niveaux imperméables dans les sables du Paléocènes et de l'Yprésien à dominante argileuse sus-jacents qui peuvent jouer le rôle de filtre et qui rendent la nappe des craies captive. Cette captivité peut également jouer un rôle potentiel dans le processus de dénitrification par la création d'un milieu anaérobie (Hallet, 1998).

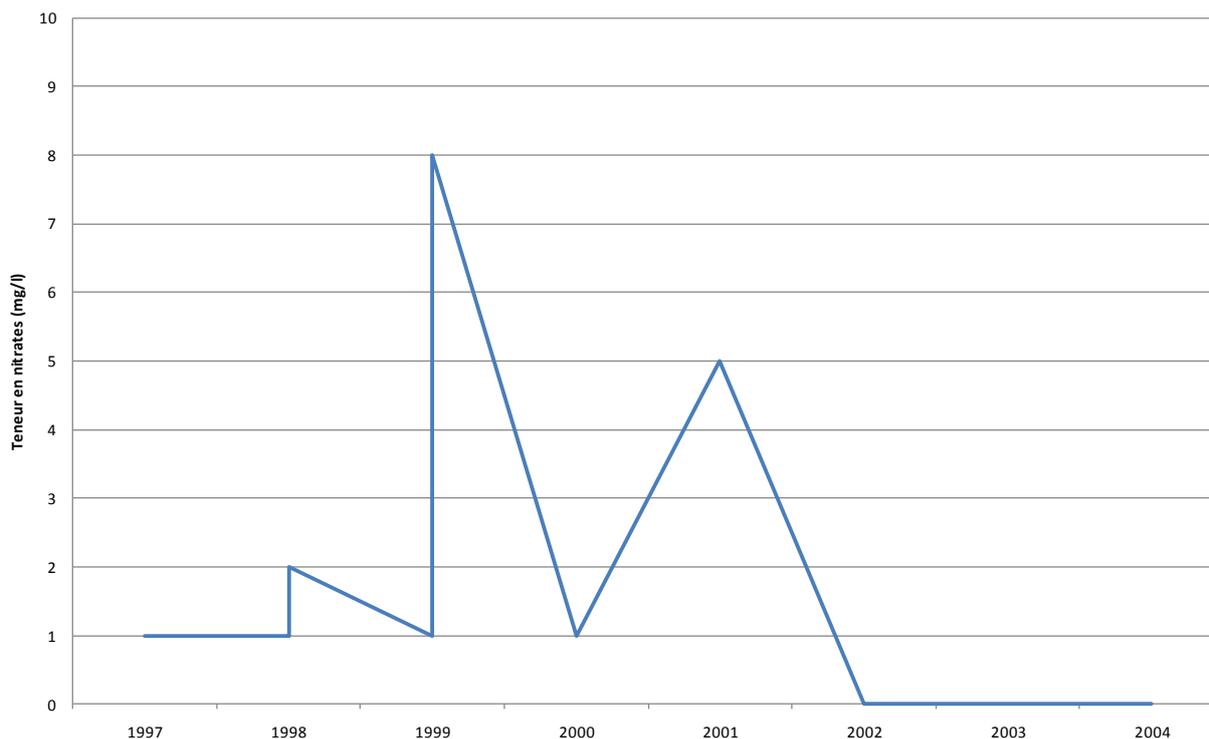


Figure V.10 : Evolution de la teneur en nitrates de la nappe des craies du Crétacé au niveau du Puits BROUX.N°3019-13 entre 1997 et 2004

V.2.8. Aquifère des sables de l'Eocène

Le puits BROUX.N°3019-11 (Figure V.9), situé également sur le captage de Beauvechain, a fait l'objet d'analyses des teneurs en nitrates de 1994 à 2005 (Figure V.11). On constate un dépassement de la norme de 50 mg/l jusqu'en 2003. Après, la situation reste préoccupante puisque l'on reste très proche d'un nouveau dépassement avec des valeurs comprises entre 45 et 50 mg/l. Ces concentrations élevées sont très probablement la conséquence directe de la mauvaise protection de cet aquifère, en position superficielle, vis-à-vis des diverses pollutions.

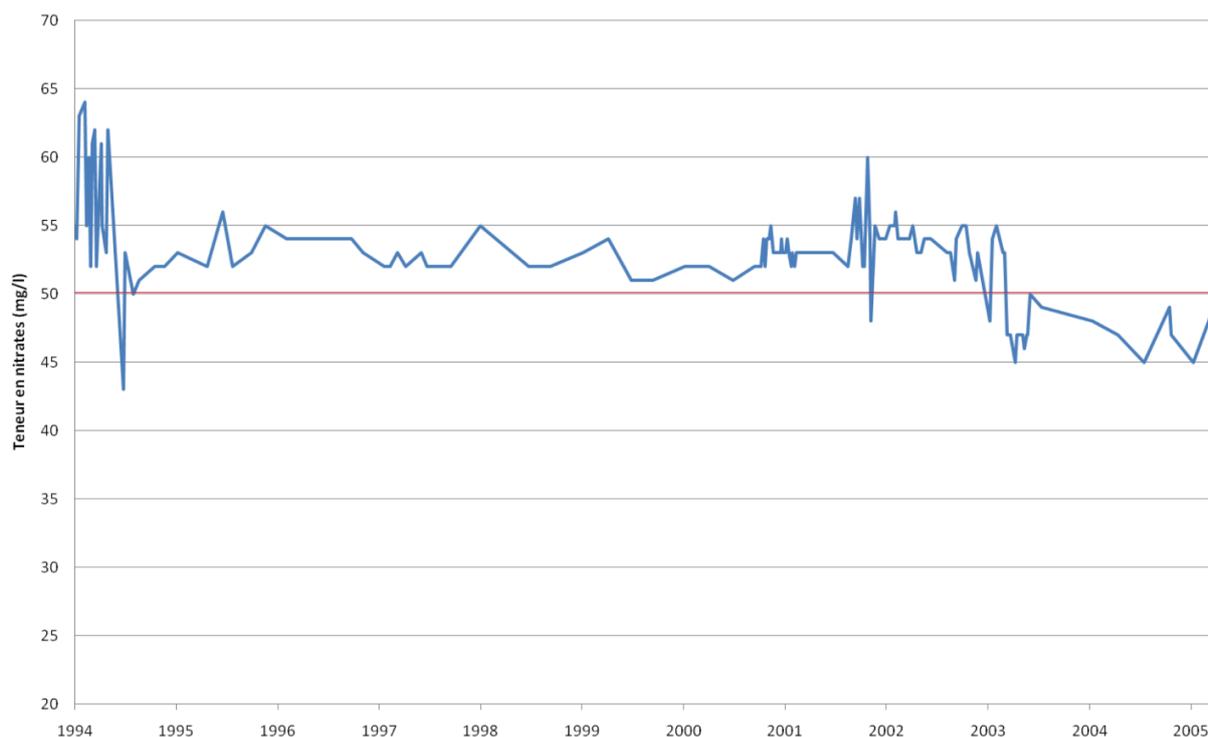


Figure V.11 : Evolution de la teneur en nitrates de la nappe des sables de l'Eocène au niveau du Puits BROUX.N°3019-011 entre 1994 et 2005.

V.3. PROBLÉMATIQUE DES MICROPOLLUANTS

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

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

V.3.1. Pesticides

Les sous-bassins hydrographiques où les apports en pesticides sont les plus importants (Escaut-Lys, Dyle-Gette, Dendre, Senne, Haine, Sambre et Meuse aval, **Figure V.12**) correspondent aux régions agricoles où les grandes cultures dominent (Campine hennuyère, Condroz et Régions limoneuses et sablo-limoneuses). Il est à remarquer que si plus de la moitié des pesticides est utilisée par les agriculteurs et les horticulteurs, un tiers l'est par les particuliers dans le cadre du jardinage.

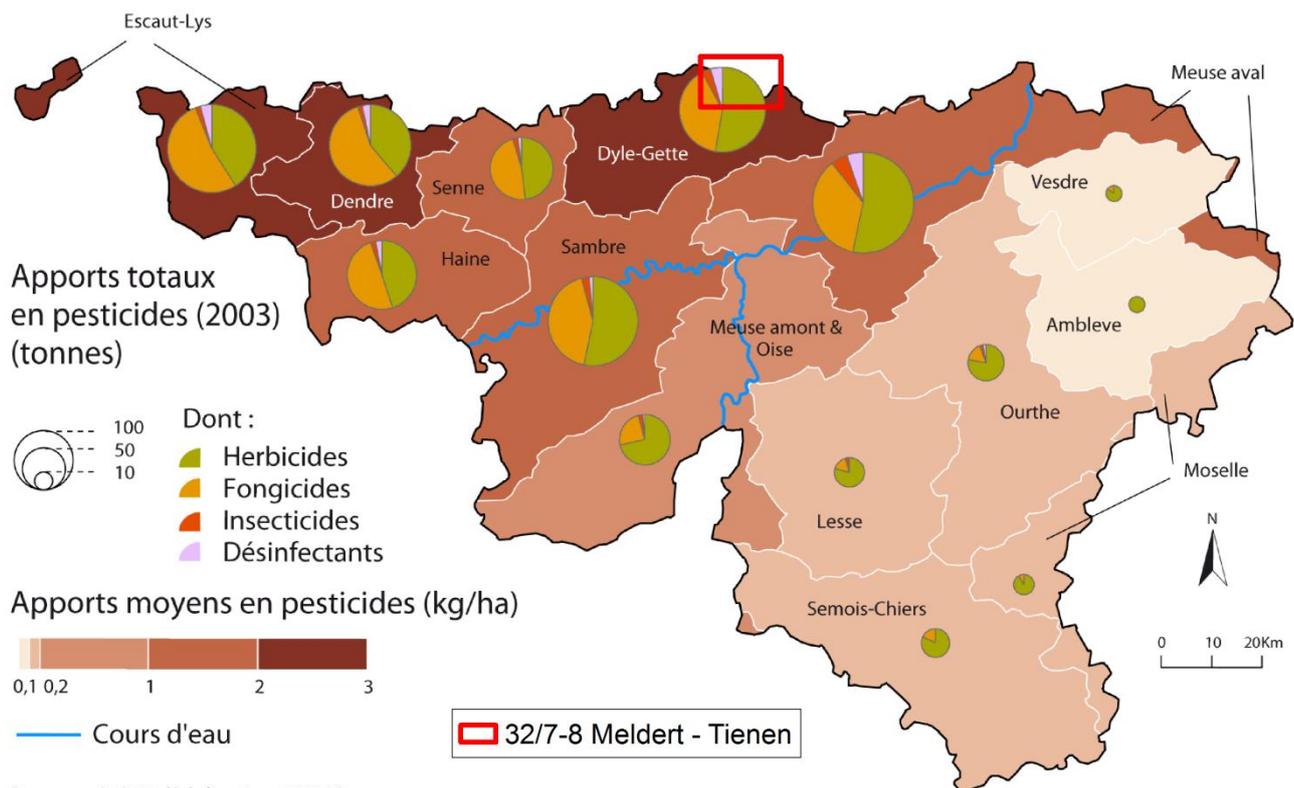


Figure V.12 : Apport total et moyens en pesticides, en tonnes pour l'année 2003, par sous-bassins hydrographique (RA-CEEW, 2006-2007, SPW-DGO3-DEMNA-DEE, Carte Eau 4-1).

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

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

Le **Tableau V.4** reprend les pesticides les plus importants analysés dans les piézomètres, puits de distribution et quelques puits ou sources de particuliers de la carte

Meldert - Tienen. Ces analyses ne montrent pas de dépassement des normes de potabilité. Les ouvrages BEAUVECHAIN PR1, PR2, PR5 (Figure V.13) sollicitent la nappe des sables de l'Eocène, le puits BROUX.N°3019-13 (Figure V.13) et le puits P1 de Saint-Sulpice (Figure V.14) sollicitent la nappe des craies du Crétacé, la source BORD DE L'ETANG (Figure V.15) sourd dans l'Aquifère des sables de l'Eocène et le puits ST-JEAN-GEEST DE CHEZ EUGENE (Figure V.16) sollicite la nappe des sables du Paléocène.

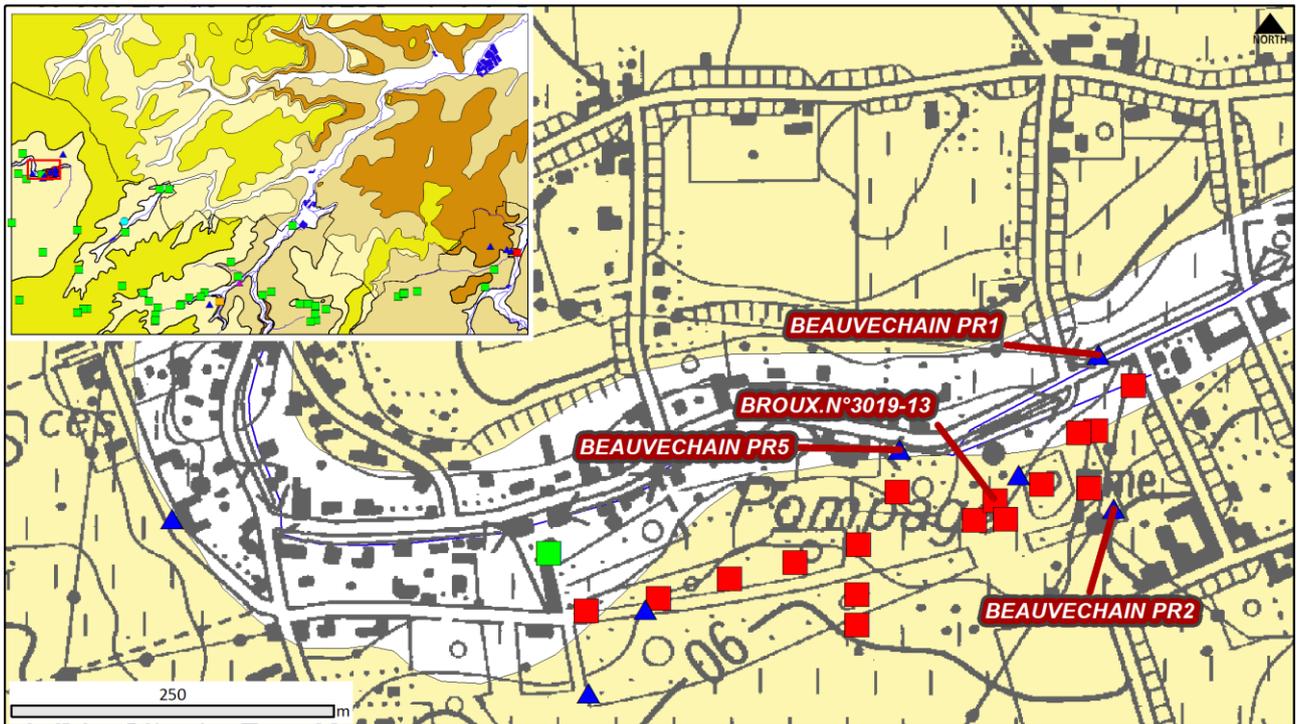


Figure V.13 : Localisation des ouvrages BEAUVECHAIN PR1, PR2, PR5 sollicitant la nappe des sables de l'Eocène et du puits BROUX.N°3019-13 sollicitant la nappe des craies du Crétacé.

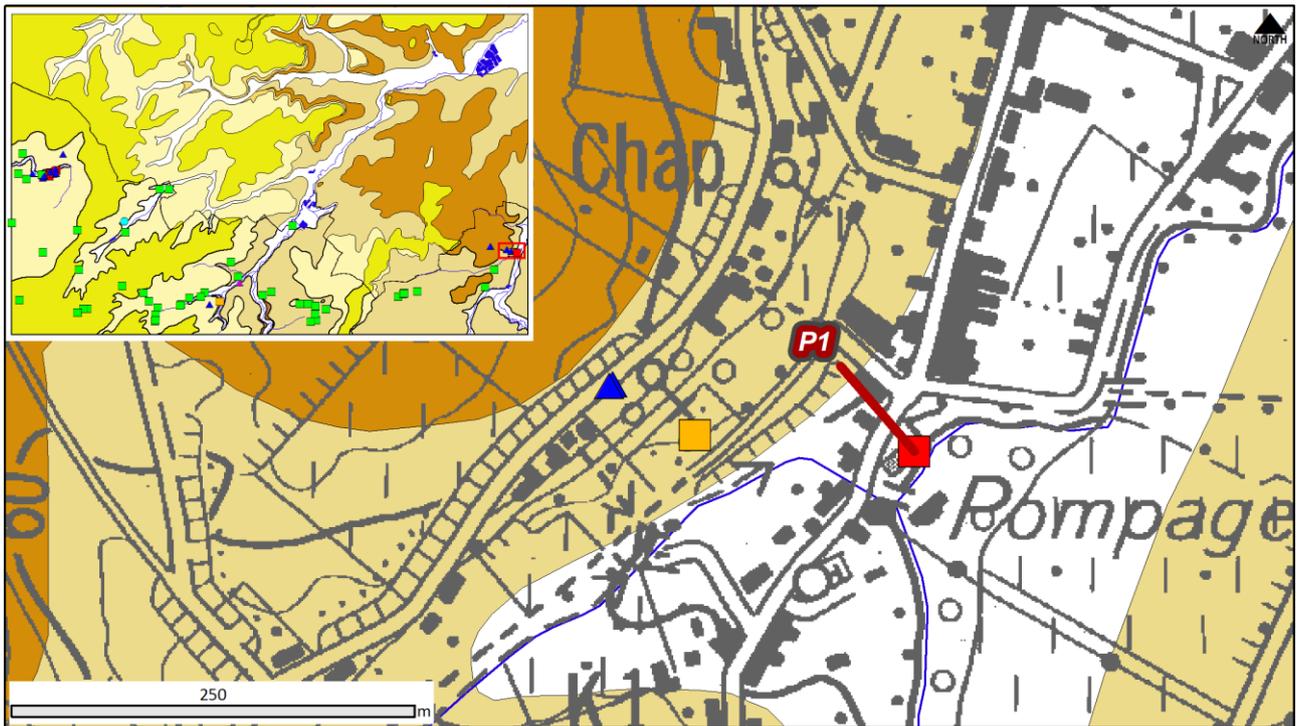


Figure V.14 : Localisation du puits P1 sollicitant la nappe des craies du Crétacé.

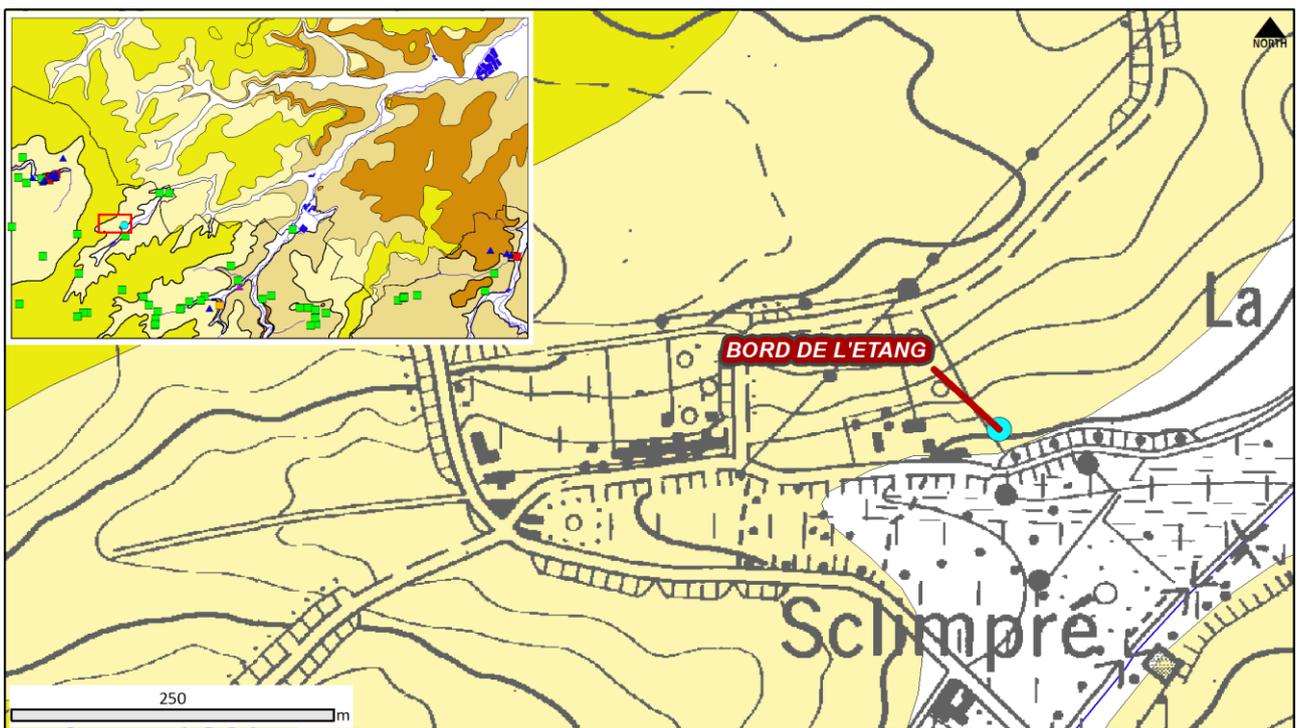


Figure V.15 : Localisation de la source BORD DE L'ETANG dans l'Aquifère des sables de l'Eocène.

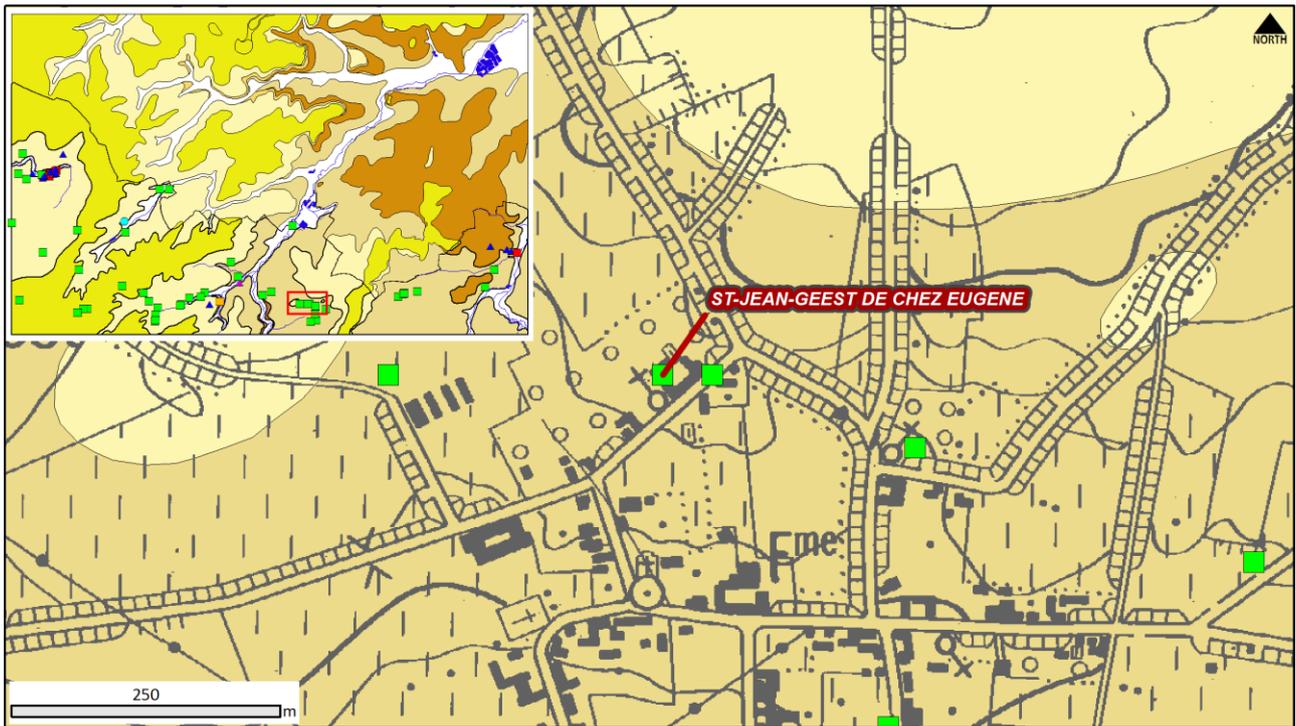


Figure V.16 : Localisation du puits ST-JEAN-GEEST DE CHEZ EUGENE dans l'Aquifère des sables du Paléocène.

Paramètre	Unité	Norme	BEAUVECHAIN PR1	BEAUVECHAIN PR2	BEAUVECHAIN PR5	BROUX.N° 3019-13	BORD DE L'ETANG (source)	P1	ST-JEAN-GEEST DE CHEZ EUGENE
Date			26/11/07	03/06/08	20/11/07	10/04/00	24/01/06	19/06/00	19/06/06
Atrazine	ng/l	100	5	9	<3	0	<10	0	19
Simazine	ng/l	100	<3	9	<3	0	<10	0	<10
Déséthyl atrazine	ng/l	100	25	10	9	0	<10	0	20
Chlortoluron	ng/l	100	<1	<1	<1	-	<10	-	<10
Bentazone	ng/l	100	<2	-	<2	-	-	-	-
Diuron	ng/l	100	2	<1	<1	0	<10	0	<10
Isoproturon	ng/l	100	<1	<1	<1	0	<10	0	<10

Tableau V.4 : Teneurs en pesticides principaux (famille des herbicides) pour quelques captages et sources de la région de Meldert - Tienen.

V.3.2. Métaux

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

Les métaux lourds sont présents en quantités négligeables pour la plupart des captages. Les concentrations restent largement inférieures aux normes de potabilité, exception faite pour les puits exploitants l'Aquifère des craies du Crétacé qui peuvent enregistrer des dépassements en fer, zinc et manganèse (en rouge dans le [Tableau V.5](#)) comme c'est souvent le cas pour les aquifères profonds. Le contact des craies du Campanien avec les sables fins glauconifères du Heersien pourrait expliquer ces fortes teneurs. Un traitement des eaux permet néanmoins d'éliminer facilement ces éléments indésirables.

Paramètre	Unité	Norme	Aquifère des sables de l'Eocène						Aquifère des sables du Paléocène			Aquifère des craies du Crétacé	
			BEAUVECHAIN PR1	BEAUVECHAIN PR2	BEAUVECHAIN PR5	BROUX.N° 3019-11	BORD DE L'ETANG (source)	ST-JEAN-GEEST DE CHEZ EUGENE	FOND DU FAUX VIVIER	LE MARINAL	SAINT-SULPICE	BROUX.N° 3019-13	P1
Date		AGW 15/01/04	26/11/07	03/06/08	20/11/07	10/04/00	24/01/06	19/06/06	23/11/99	23/11/99	22/02/00	10/04/00	19/06/00
Antimoine	µg/l	5	<0,02	<0,05	0	-	<0,2	<0,2	-	-	-	0,3	0,1
Arsenic	µg/l	10	<0,4	0,4	1,1	-	0,8	0,3	-	-	-	8,1	0
Bore	µg/l	1000	14	13	12	7	<50	28	1	5	15	152	19
Cadmium	µg/l	5	<0,06	<0,05	<0,06	0	<0,2	<0,2	0	0	0,1	0	0
Chrome (total)	µg/l	20	4,4	5,8	4,8	4	3,1	1,9	1	1	1	0	0
Cuivre	µg/l	100	1,4	1,1	7,5	0	<2	<2	0	0	0	0	0
Fer (total) dissous	µg/l	200	<12	18	<12	6	24	<2	5	12	106	915	1756
Manganèse	µg/l	50	1,9	1,5	1	1	95	<5	1	1	9	16	56
Mercure	µg/l	1	<0,05	-	<0,05	-	<0,1	<0,1	-	-	-	-	-
Nickel	µg/l	20	1,6	<0,1	0,8	1	2,3	<2	0	0	2	0	0
Plomb	µg/l	10	0,6	<0,1	4	0	<0,5	0,6	0	0	1	0	0
Selenium	µg/l	10	<1	0,8	3,1	-	0,8	-	-	-	-	-	-
Zinc	µg/l	200	8	5	23	23	<20	<20	2	3	31	373	4

Tableau V.5 : Teneurs en métaux lourds pour quelques ouvrages de la région de Meldert - Tienen sollicitant les aquifères des sables de l'Eocène, du Paléocène et des craies du Crétacé.

V.4. QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE

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

Les eaux captées par les ouvrages de la V.M.W./S.W.D.E. font régulièrement l'objet d'analyses en germes et bactéries. Sur la carte Meldert - Tienen, les analyses ne montrent pas de pollution significative par les germes et bactéries pour la plupart des puits analysés, excepté pour le puits de particulier DE CHEZ EUGENE à Saint-Jean-Geest qui présente un taux de coliformes totaux de 26 colonies/100 ml ([Tableau V.6](#)).

Les pollutions dans l'eau sont généralement liées aux traitements d'épandage de tous ordres, principalement dans l'agriculture et aux déversements d'industries de fabrication et de conditionnement mais également de particuliers. Les puits domestiques, exploitant généralement des nappes peu profondes, sont moins bien protégés contre les infiltrations de surface.

Paramètre	Unité	Norme	BEAUVECHAIN PR1	BEAUVECHAIN PR2	BEAUVECHAIN PR5	LE MARINAL	SAINT SULPICE	DE CHEZ EUGENE
Date			26/11/07	03/06/08	20/11/07	11/02/97	06/05/97	19/06/06
Coliformes fécaux	Colonies/100 ml	0	0	0	0	0	0	-
Coliformes totaux	Colonies/100 ml	0	0	0	1	0	0	26
Entérocoques	Colonies/100 ml	0	0	0	0	-	-	1
Escherichia Coli	Colonies/100 ml	0	0	0	1	-	-	2
Germes totaux à 22 °C	Colonies/100 ml	100	62	9	21	13	3	19
Germes totaux à 37 °C	Colonies/100 ml	0	51	3	8	-	0	-

Tableau V.6 : Résultats des analyses microbiologiques pour quelques ouvrages de la région de Meldert - Tienen.

V.5. ETAT DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE

Le texte qui suit est un résumé non exhaustif du chapitre "Etat des lieux en 2008 des masses d'eau souterraine" du document "ETAT DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE DE LA WALLONIE"⁸ publié par la Direction de l'Etat environnemental et la Direction des eaux souterraines du ministère de la Région wallonne.

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

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

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

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

(<http://environnement.wallonie.be/legis/Codeenvironnement/codeeaucoordonne.htm#AnnexeXIV>).

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

⁸ <http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/index.htm>

L'agriculture, dont les pressions peuvent être diffuses ou ponctuelles, et qui provoquent des altérations en nitrates principalement, en pesticides secondairement ;

L'industrie (toutes catégories d'entreprises), dont les pressions sont considérées comme ponctuelles, et qui provoquent des altérations en macro-polluants, des risques d'introduction de micropolluants (métaux, composés organiques) et des risques quantitatifs (industrie extractive) ;

La force motrice dite collective réunit les ménages et les services liés à la population au sens large (approvisionnement en eau, assainissement, transports, urbanisation, espaces verts, ...); l'approvisionnement en eau peut provoquer des risques quantitatifs ; les autres secteurs cités peuvent émettre des macro-polluants et des pesticides de manière considérée comme diffuse.

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

L'impact chimique de l'agriculture demeure clairement la grande problématique pour les eaux souterraines en Wallonie. Toutefois, aucune force motrice n'est à négliger. La [Figure V.17](#) indique l'état des masses d'eau en fonction des causes de leur dégradation. En 2008, seulement 45 % des masses d'eau souterraine de Wallonie ont été jugées en bon état et sans risque de détérioration. Les plans de gestion de la Directive cadre de l'eau visent à amener cette proportion à 70% d'ici 2015.

Les masses d'eau de la carte Meldert - Tienen, sont qualifiées de "Masses d'eau souterraine superposées d'état et de risques différents". Dans le détail :

- La nappe du socle cambro-silurien est en "Bon état 2008 sans détérioration observée" ;
- La nappe des craies du Crétacé est en "Bon état 2008 avec risques qualitatifs" ;
- Les nappes des sables tertiaires sont en "Mauvais état 2008 sur le plan chimique".

Les causes des dégradations sont principalement l'agriculture ([Figure V.17](#)).

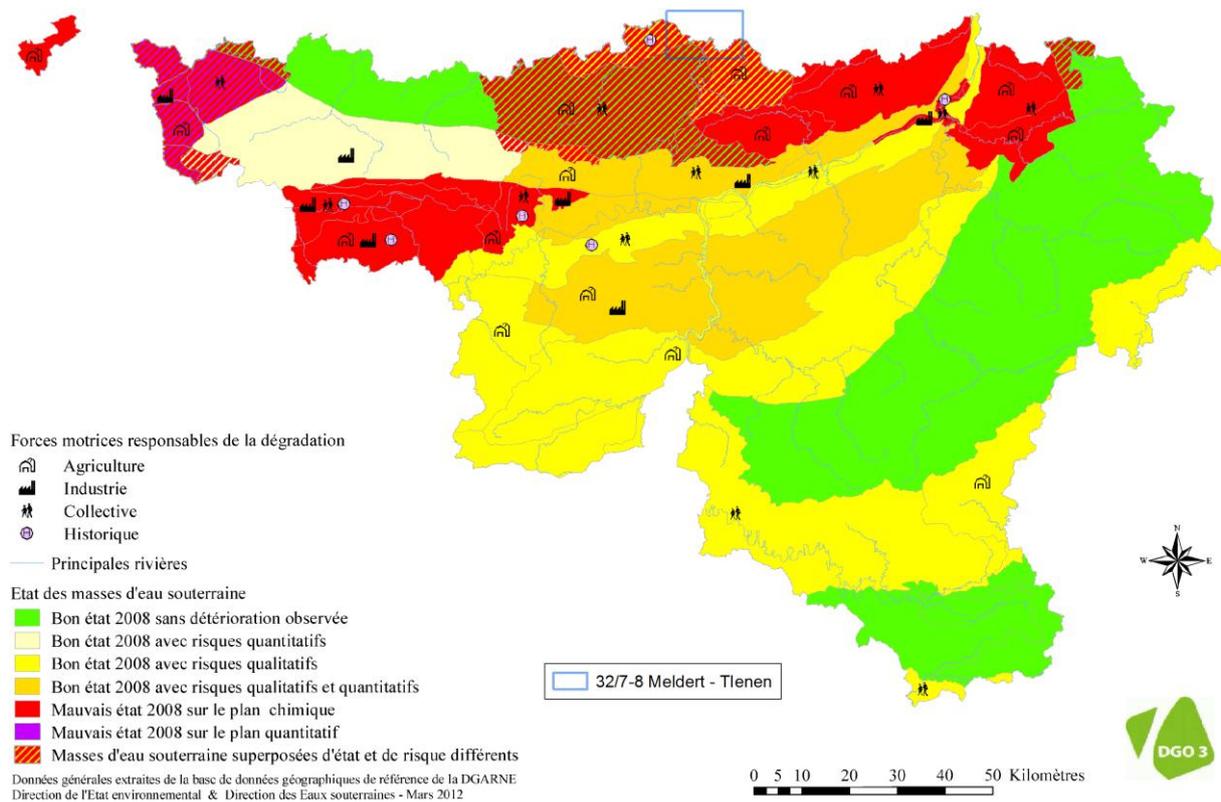


Figure V.17 : Etat des masses d'eau souterraine pour l'année 2008 et causes de leur dégradations (Etat des nappes d'eau souterraine, mars 2012, http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/figures/c5_5.gif).

VI. EXPLOITATION DES AQUIFÈRES

La planche Meldert - Tienen compte 86 ouvrages dont 20 servent à la distribution publique d'eau potable via la S.W.D.E et la V.M.W.. Le **Tableau VI.1** résume la répartition des ouvrages entre les différentes nappes.

NAPPE SOLLICITEE	NOMBRE D'OUVRAGES
Aquifère des sables de l'Eocène	45
Aquifère des sables du Paléocène	24
Aquifère des craies du Crétacé	9
Aquifère des sables de l'Oligocène	5
Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien	2
Aquifère alluvial	1

Tableau VI.1 Distribution des ouvrages entre les différentes nappes de la carte Meldert - Tienen.

Les nappes des sables de l'Eocène et du Paléocène (Aq05) sont largement en tête des sollicitations suivies par la nappe des craies du Crétacé (Aq08). Les nappes des sables de l'Oligocène (Aq05) et du socle cambro-silurien (Aq16) sont peu sollicitées (**Tableau VI.1**). Les prises d'eau en activité sur la planche Meldert - Tienen concernent principalement des agriculteurs, des privés (particuliers ou autres sociétés privées), et des distributeurs publics d'eau potable.

Avec une densité de prélèvements très élevée, atteignant en moyenne $23\,000\text{ m}^3/(\text{km}^2.\text{an})$, la Région wallonne fait partie des régions d'Europe qui exploitent le plus leurs ressources en eau souterraine. Une estimation grossière du taux d'exploitation des nappes fait apparaître que celui-ci est relativement élevé en Région wallonne, tout en demeurant inférieur à 1 en général (**Figure VI.1**). Cette situation s'explique par une densité de population élevée et par le fait que la Région wallonne exporte environ 30 % de sa production d'eau potable (RA-CEEW, 2006-2007).

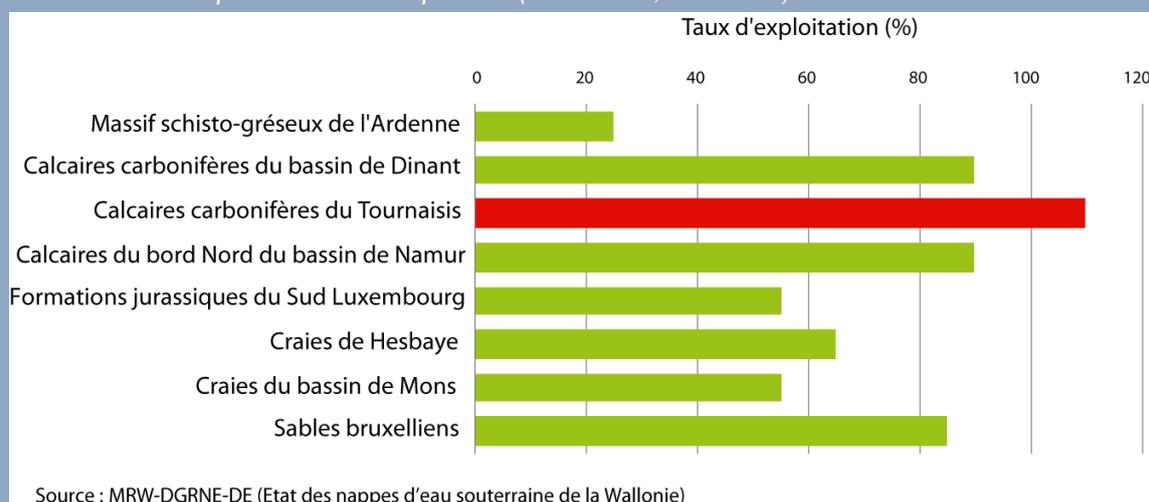


Figure VI.1 : Estimation du taux d'exploitation des principales nappes d'eau souterraine en Région wallonne (RA-CEEW, 2007).

Les données présentées dans ce chapitre sont extraites de la base de données de la Région Wallonne. Malheureusement, l'encodage des volumes d'eau prélevés n'est pas complet. Ceci concerne principalement les petits exploitants et donc les petits volumes ($< 3000\text{ m}^3/\text{an}$). Les puits des particuliers et des agriculteurs ne sont pas tous pourvus d'un compteur.

Les volumes destinés à la distribution publique d'eau ainsi que ceux destinés aux industries, agriculteurs, particuliers (autres volumes) sont ceux de l'année 2010.

L'exploitation d'une prise d'eau souterraine est soumise à de nombreux aléas et peut donc être variable. Les contraintes techniques de l'ouvrage, l'activité économique liée à ce captage, l'évolution des conditions hydrogéologiques de la nappe sollicitée et les éventuelles pollutions, peuvent influencer les capacités de production. La présentation des volumes moyens prélevés sur la *Carte des volumes*, correspond à la moyenne des cinq dernières années (2006-2010) encodées par l'administration sur base des déclarations des titulaires de prise d'eau. Ces volumes moyennés illustrent de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la carte étudiée. Attention cependant que ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni de la sollicitation réelle des nappes mais reflètent l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées. Il se peut que certaines d'entre elles soient des années sans prélèvement.

VI.1. VOLUMES PRÉLEVÉS POUR LA DISTRIBUTION PUBLIQUE

La distribution publique se fait principalement par la S.W.D.E. et la V.M.W. et minoritairement par les régies et services communaux.

Le [Tableau VI.2](#) reprend la liste des captages qui font ou ont fait l'objet d'une exploitation sur la carte Meldert - Tienen. Ils sont localisés sur les [Figure VI.2](#) à [Figure VI.4](#). Les volumes prélevés par les exploitants peuvent varier fortement d'une année à l'autre (allant d'un arrêt temporaire à une exploitation intense du captage).

Un seul captage pour la distribution publique d'eau potable, la galerie SAINT-SULPICE, prélève des volumes importants (>100 000 m³/an) dans l'Aquifère des sables du Paléocène, et est à ranger dans la catégorie des principaux captages de la Région wallonne.

Les 20 captages (actifs et non actifs) de la carte Meldert - Tienen, en Brabant wallon, sont la propriété de l'indivision V.M.W. / S.W.D.E. Sur ces 20 captages, 14 sont des puits en batterie exploitant la nappe des sables de l'Eocène sur le site de Beauvechain.

Nom de l'ouvrage	Type d'ouvrage	Distributeur publique	Volume prélevés (m³/an)
BROUX.N°3019-001	Puits	V.M.W./S.W.D.E.	
BROUX.N°3019-002	Puits		
BROUX.N°3019-003	Puits		
BROUX.N°3019-004	Puits		
BROUX.N°3019-005	Puits		
BROUX.N°3019-006	Puits		
BROUX.N°3019-007	Puits		
BROUX.N°3019-008	Puits		
BROUX.N°3019-009	Puits		
BROUX.N°3019-010	Puits		
BROUX.N°3019-011	Puits		678 540 (1999)
BROUX.N°3019-13	Puits	V.M.W.	177 010 (2010)
BROUX.N°3019-014	Puits		
BROUX.N°3019-015	Puits	V.M.W./S.W.D.E.	
BROUX.N°3019-016	Puits		
BROUX.N°3019-017	Puits		
SAINT-SULPICE	Puits sur galerie par gravité	V.M.W.	1 488 585 (2010)
P1	Puits	V.M.W.	36 425 (1997)
FOND DU FAUX VIVIERS	Puits sur galerie par gravité	S.W.D.E.	477 085 (2006)
LE MARINAL	Drain		

Tableau VI.2 : Liste des captages qui ont fait et/ou font encore l'objet d'une exploitation par un distributeur publique d'eau potable sur la carte Meldert - Tienen. Les volumes indiqués sont les plus récents connus. Les couleurs sont celles des nappes sollicitées.

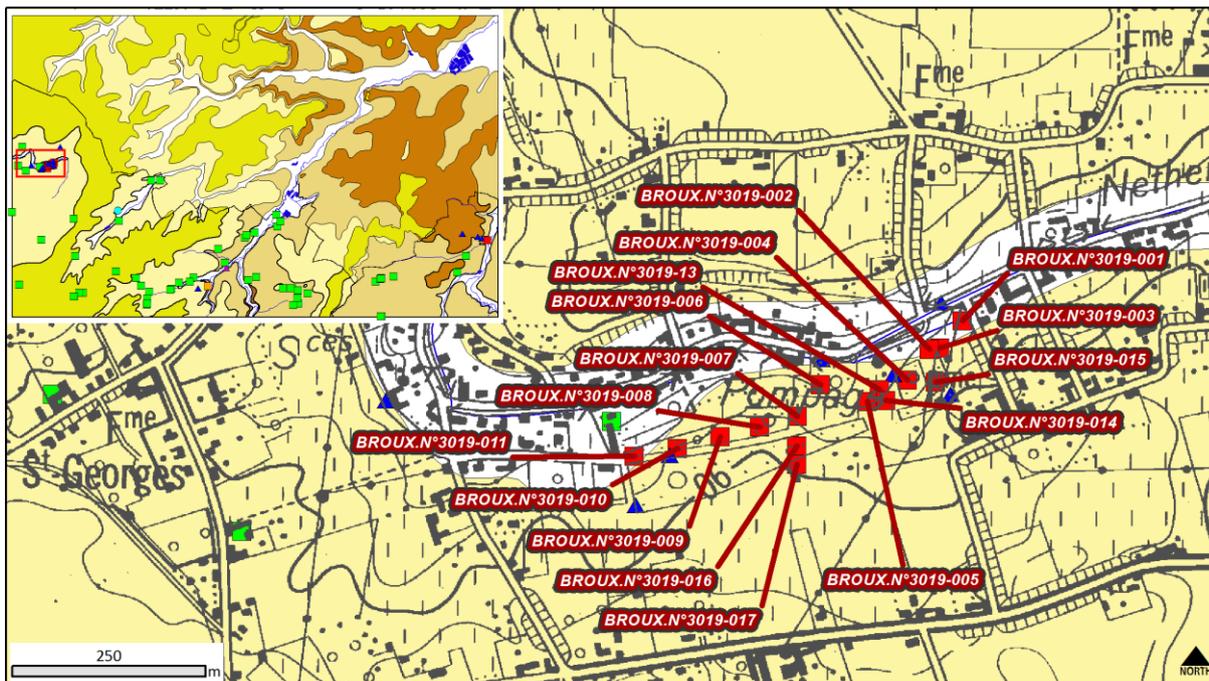


Figure VI.2 : Localisation des captages du site de Beauvechain ; 14 ouvrages sollicitent la nappe des sables de l'Eocène et 2 ouvrages sollicitent la nappe des craies du Crétacé (BROUX.N°3019-13 et -014).

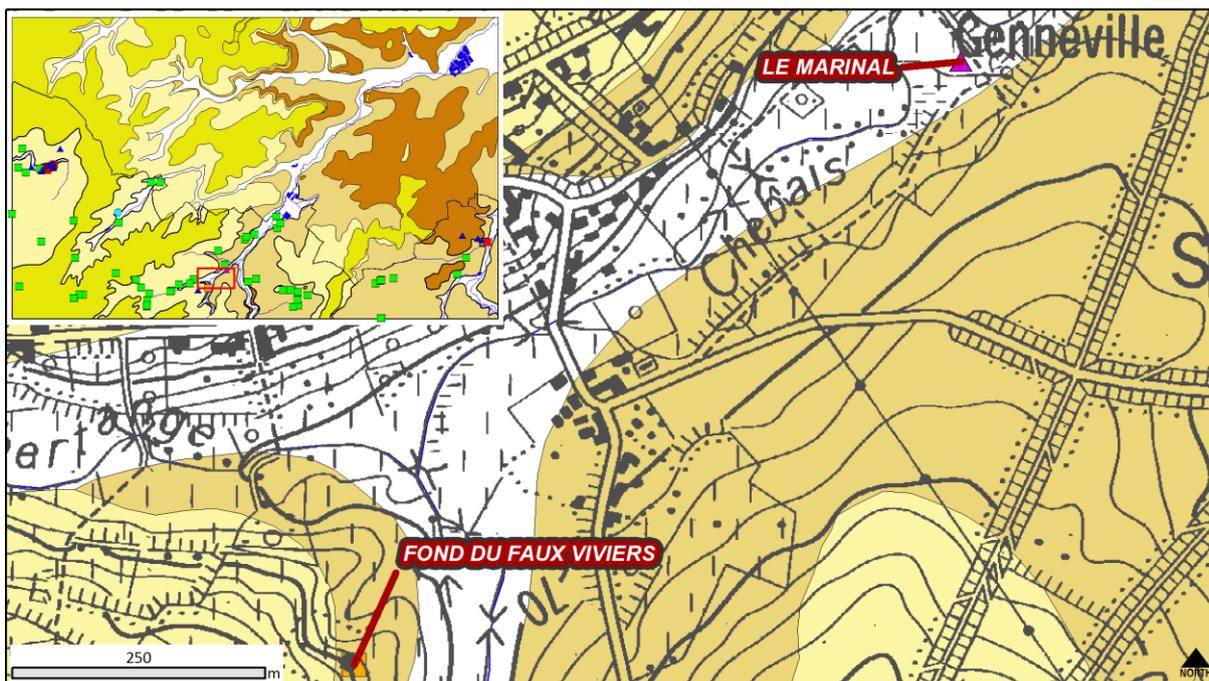


Figure VI.3 : Localisation des captages FOND DU FAUX VIVIER et LE MARINAL sollicitant la nappe des sables du Paléocène.

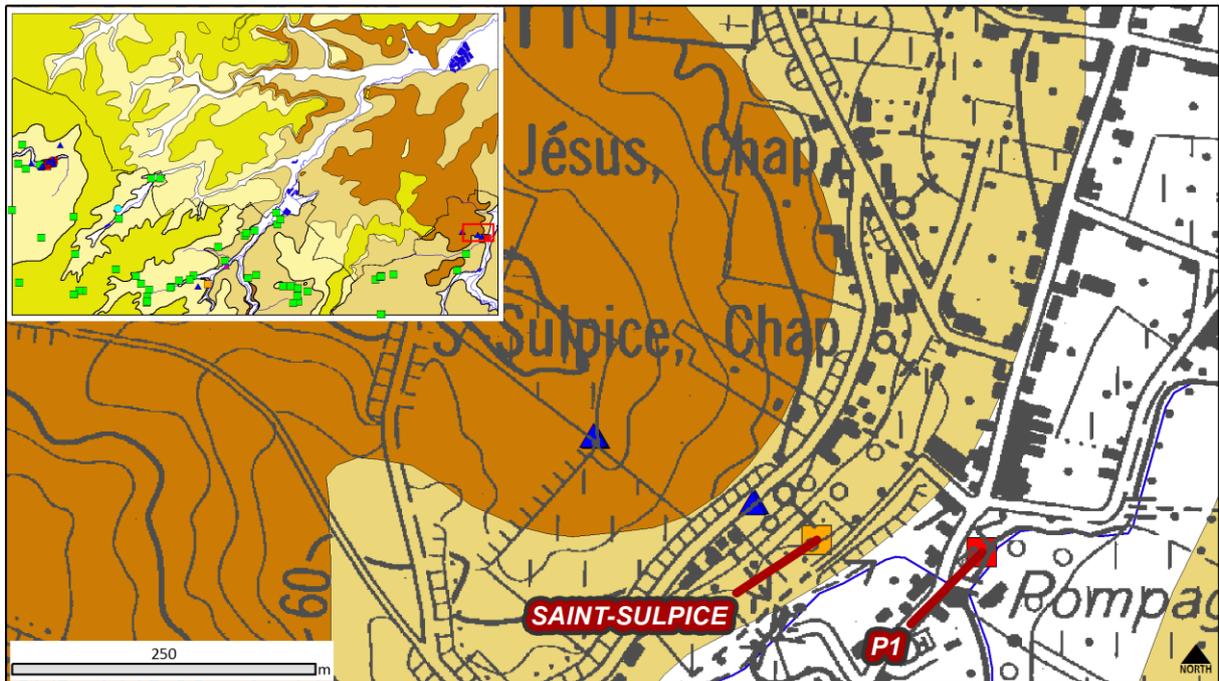


Figure VI.4 : Localisation des captages SAINT-SULPICE, sollicitant la nappe des sables du Paléocène, et P1, sollicitant la nappe des craies du Crétacé.

VI.2. VOLUMES PRÉLEVÉS PAR LES PARTICULIERS

Parmi les ouvrages privés soutirant des volumes supérieurs à 3 000 m³/an citons les puits CAMP A 15, ESPINETTE C 5 et LE CULOT B 22, sollicitant la nappe des sables de l'Eocène et propriétés de la base militaire de Beauvechain (Figure VI.5). Les volumes soutirés en 2008 furent les suivant :

- ESPINETTE C 5 : 55 540 m³ ;
- CAMP A 15 : 37 973 m³ ;
- LE CULOT B 22 : 4 935 m³.

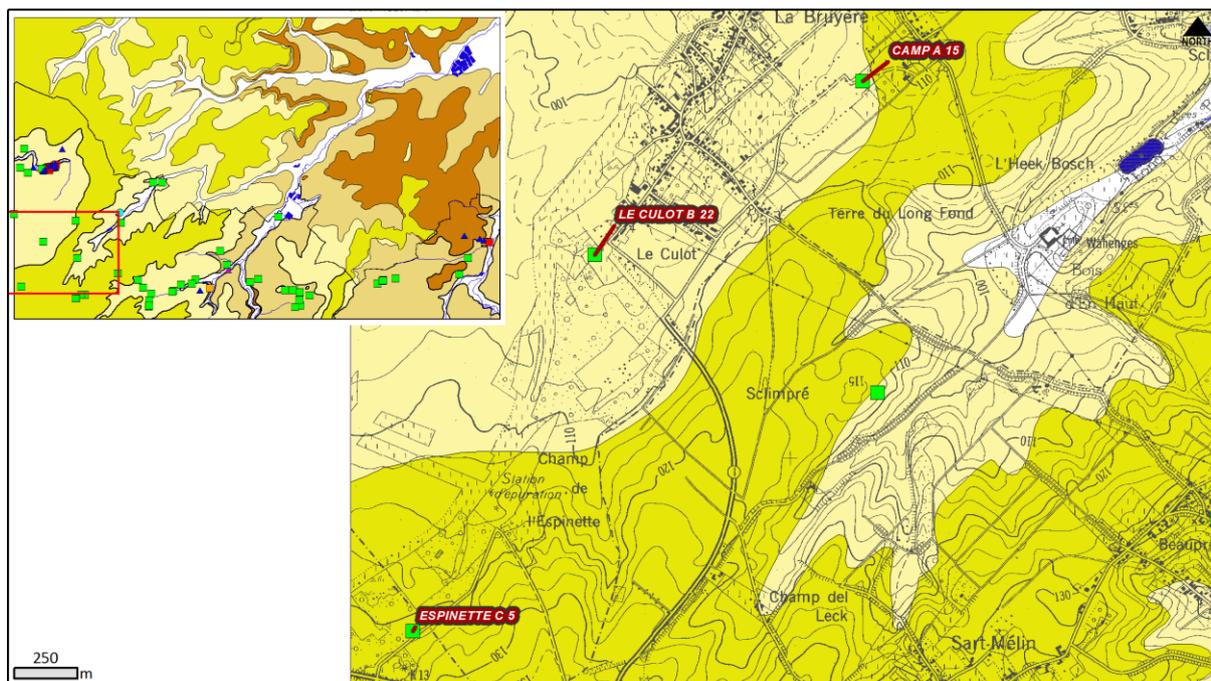


Figure VI.5 : Localisation des puits de la base militaire de Beauvechain, CAMP A 15, ESPINETTE C 5 et LE CULOT B 22.

VII. PARAMÈTRES D'ÉCOULEMENT ET DE TRANSPORT

VII.3. PARAMÈTRES D'ÉCOULEMENT

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

1. Transmissivité T , exprimée en m^2/s (Castany & Margat, 1977) :

- Paramètre régissant le flux d'eau qui s'écoule par unité de largeur de la zone saturée d'un aquifère continu (mesurée selon une direction orthogonale à celle de l'écoulement), et par unité de gradient hydraulique ;
- Produit de la perméabilité (de Darcy) K (m/s) par la puissance aquifère b (m), en milieu isotrope, ou produit de la composante du tenseur de perméabilité parallèle à la direction d'écoulement par la puissance aquifère (orthogonale à cette direction), en milieu anisotrope.

2. Perméabilité K , exprimée en m/s : propriété d'un corps, d'un milieu solide - notamment un sol, une roche - à se laisser pénétrer et traverser par un fluide, notamment l'eau, sous l'effet d'un gradient de potentiel.

La relation entre transmissivité et perméabilité peut être représentée par la formule $T = K.b$ où b est la puissance de l'aquifère ou, à défaut, la hauteur du niveau crépiné dans le cas d'un puits tubé.

Les puits qui ont fait l'objet d'essais de pompage sont localisés par un carré centré transparent sur la **carte des informations complémentaires et du caractère des nappes**. Celle-ci se trouve sur le document cartographique joint à cette notice.

Il faut noter cependant que les valeurs des paramètres obtenues par essais de pompage ne sont valables que dans la proximité immédiate du puits testé.

Le **Tableau VII.1** représente l'influence de la granulométrie des sédiments meubles sur la perméabilité.

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

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

Des paramètres d'écoulement dans les nappes des craies du Crétacé et des sables bruxelliens ont pu être déterminés à partir de campagnes d'essais de pompage réalisées par la S.W.D.E., dans le cadre de la réalisation des forages des prises d'eau de Beauvechain et de la délimitation des zones de prévention autour de ce site (en cours).

VII.3.1. Aquifère des craies du Crétacé

Les 4 puits profonds de Beauvechain sollicitant la nappe des craies du Crétacé, BROUX.N°3019-012, -13, -014 (Figure VII.1), ont également été testés par essai de pompage durant le mois de juillet 2003. Ces tests ont permis de déterminer une valeur moyenne de transmissivité de $3,9 \cdot 10^{-4}$ m²/s, ce qui correspond, pour une épaisseur de nappe estimée à 5 m, à une perméabilité de $7,8 \cdot 10^{-5}$ m/s, soit une perméabilité moindre que l'Aquifère des sables de l'Eocène.

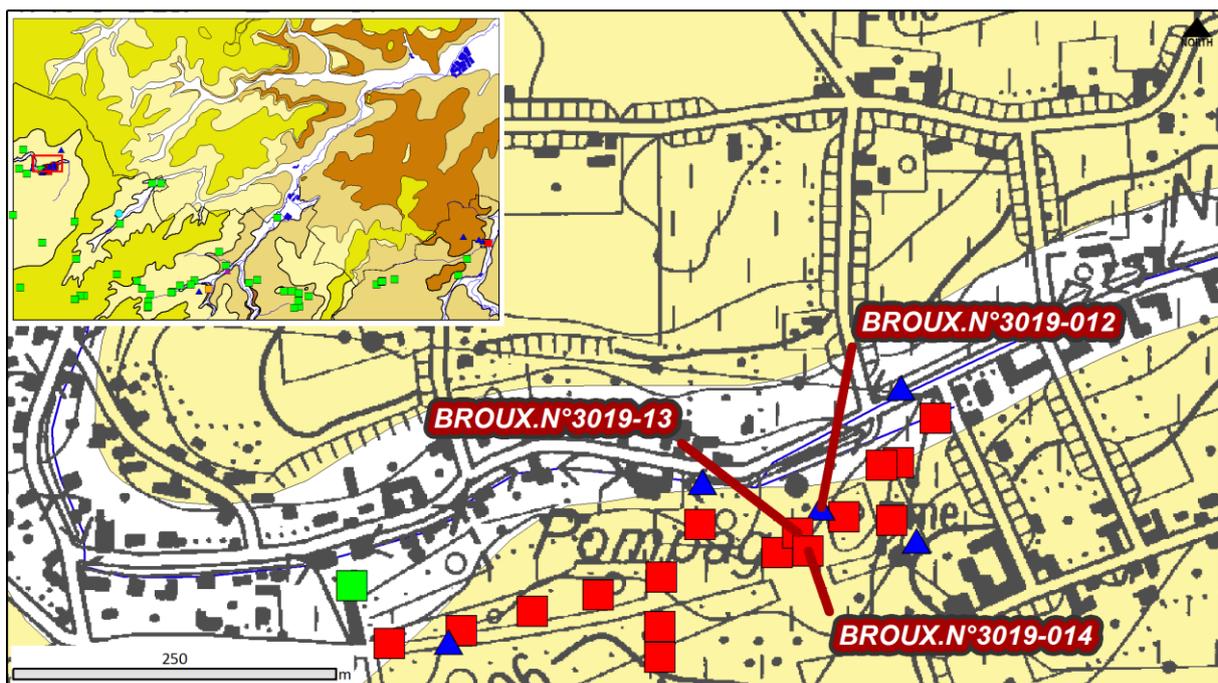


Figure VII.1 : Localisation des ouvrages BROUX.N°3019-012, -013, -014 et 41 sollicitant la nappe des craies du Crétacé.

VII.3.2. Aquifère des sables de l'Eocène

Des essais de pompage réalisés sur divers ouvrages du captage de Beauvechain durant le mois d'octobre 2007, ont permis d'obtenir des valeurs de transmissivités (Tableau VII.2) et de perméabilités (Tableau VII.3).

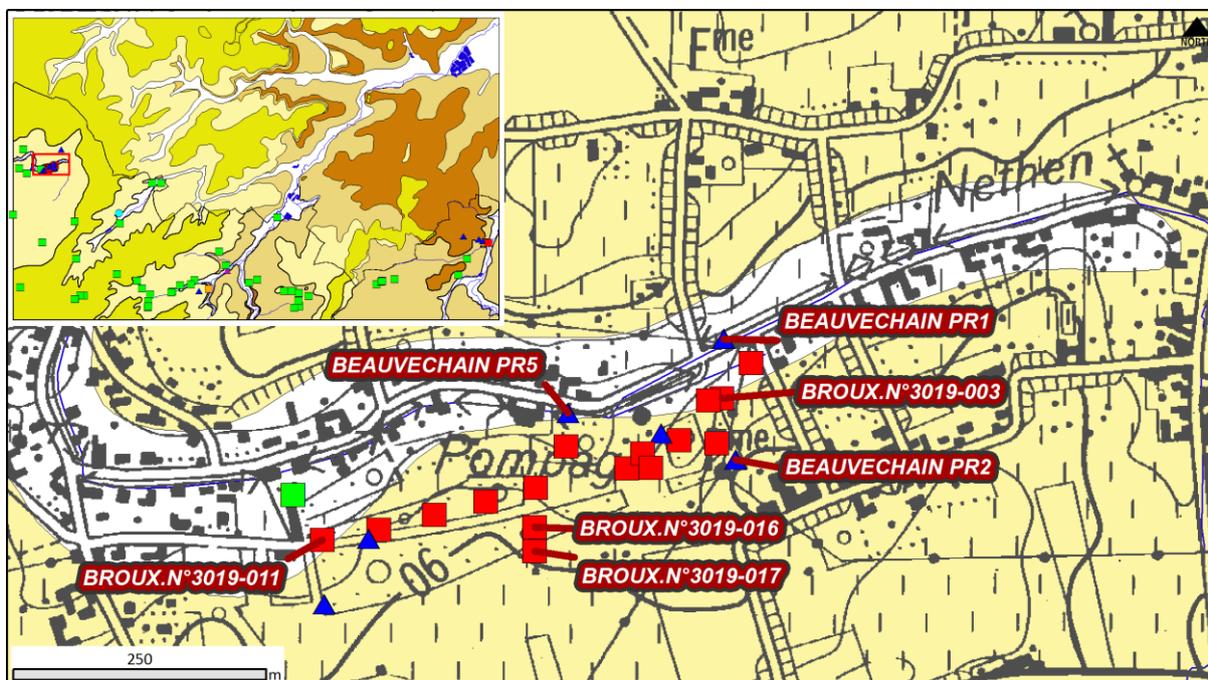


Figure VII.2 : Localisation des ouvrages BEAUVECHAIN PR1, PR2, PR5 et BROUX.N°3019-003, -011, 016, 017 sollicitant la nappe des sables de l'Eocène.

Ouvrages	Transmissivité (m ² /s)	
	Descente	Remontée
Beauvechain		
BEAUVECHAIN PR1	2,85.10 ⁻³ à 1,16.10 ⁻²	2,54.10 ⁻³ à 1,28.10 ⁻²
BEAUVECHAIN PR2	4,44.10 ⁻³ à 1,25.10 ⁻²	8,58.10 ⁻³ à 2,12.10 ⁻²
BEAUVECHAIN PR5	2,29.10 ⁻³ à 2,63.10 ⁻²	1,89.10 ⁻³ à 1,36.10 ⁻²
BROUX.N°3019-003	1,97.10 ⁻³ à 1,09.10 ⁻²	4,93.10 ⁻⁴ à 2,73.10 ⁻³
BROUX.N°3019-011	5,52.10 ⁻³ à 1,25.10 ⁻²	4,25.10 ⁻⁴ à 9,62.10 ⁻³
BROUX.N°3019-016	6,38.10 ⁻³ à 6,70.10 ⁻³	1,60.10 ⁻³ à 1,68.10 ⁻³
BROUX.N°3019-017	1,78.10 ⁻³ à 1,05.10 ⁻²	1,37.10 ⁻⁴ à 8,08.10 ⁻⁴

Tableau VII.2 : Transmissivité dans la nappe des sables de l'Eocène au niveau du captage de Beauvechain.

A partir de ces valeurs et des hauteurs crépinées de chacun des ouvrages, les valeurs de perméabilité peuvent être calculées :

Ouvrages	Perméabilité (m/s)	
	Descente	Remontée
Beauvechain		
BEAUVECHAIN PR1	1,42.10 ⁻⁴ à 5,80.10 ⁻⁴	1,27.10 ⁻⁴ à 6,40.10 ⁻⁴
BEAUVECHAIN PR2	1,71.10 ⁻⁴ à 4,81.10 ⁻⁴	3,30.10 ⁻⁴ à 8,15.10 ⁻⁴
BEAUVECHAIN PR5	1,27.10 ⁻⁴ à 1,46.10 ⁻³	1,05.10 ⁻⁴ à 7,56.10 ⁻⁴
BROUX.N°3019-004	1,70.10 ⁻³ à 1,09.10 ⁻²	4,25.10 ⁻⁴ à 2,73.10 ⁻³
BROUX.N°3019-011	2,93.10 ⁻³ à 1,11.10 ⁻²	2,25.10 ⁻⁵ à 8,54.10 ⁻⁴
BROUX.N°3019-016	2,74.10 ⁻³ à 2,17.10 ⁻²	6,85.10 ⁻⁴ à 5,35.10 ⁻³
BROUX.N°3019-017	2,53.10 ⁻³ à 1,05.10 ⁻²	1,95.10 ⁻⁴ à 8,08.10 ⁻⁴

Tableau VII.3 : Perméabilité dans l'Aquifère des sables de l'Eocène.

Les valeurs de perméabilité résultantes (de 10⁻⁴ à 10⁻²) sont en corrélation avec la lithologie des sables de l'Eocène, constituée de sables fins à grossiers (voir [Tableau VII.1](#)) qui peut être qualifiée de mauvaise à bonne.

VII.4. PARAMÈTRES DE TRANSPORT

Les paramètres de transport renseignent sur la vitesse à laquelle une substance (un éventuel polluant ou un traceur) va se déplacer dans le sous-sol à la faveur des circulations d'eaux souterraines. Ces paramètres sont généralement déterminés à partir d'essais de traçage qui consistent à injecter un traceur dans la nappe et à observer sa restitution en un autre point de la nappe (par exemple un captage). La courbe de restitution permet de connaître les temps de transfert du traceur et de calculer les principaux paramètres de transport : porosité, effet de retard, dispersivités transversales et longitudinales. Ces deux dernières permettent notamment d'estimer la manière dont le nuage de polluant va évoluer dans la nappe au cours du temps.

Malheureusement, aucun essai de traçage n'a encore été effectué sur la planche Meldert - Tienen. Le lecteur pourra toutefois se référer aux informations disponibles dans la notice explicative de la planche voisine Duisbourg - Hamme-Mille 32/5-6, où des tests ont été réalisés dans l'Aquifère des craies du Crétacé au niveau du site de la S.W.D.E. de Nethen.

VIII. ZONES DE PROTECTION

VIII.1. CADRE LÉGAL

VIII.1.1. Brabant wallon

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

Afin de limiter les risques de contamination des captages, des périmètres de prévention doivent être mis en place. La législation wallonne⁹ définit 4 niveaux de protection à mesure que l'on s'éloigne du captage : zones de prise d'eau (Zone I), de prévention (Zones IIa et IIb) et de surveillance (Zone III).

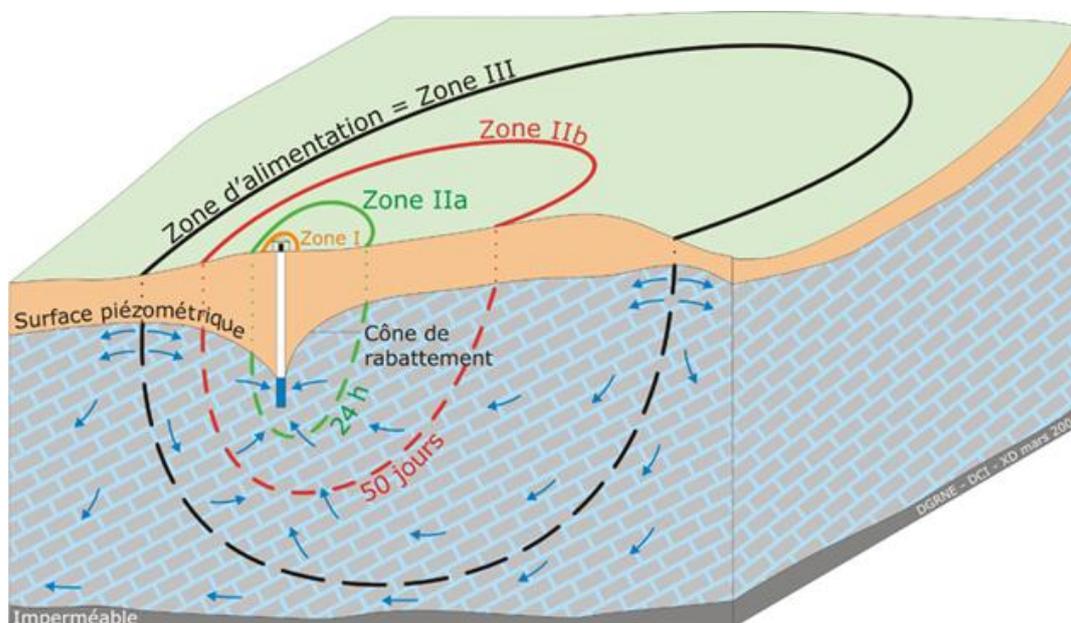


Figure VIII.1 : Zones de protection en Région Wallonne (source : <http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/index.htm>).

VIII.1.1.1. Zone de prise d'eau ou zone I

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

⁹ Arrêté de l'Exécutif régional wallon du 14 novembre 1991 relatif aux prises d'eau souterraines, aux zones de prise d'eau, de prévention et de surveillance et à la recharge artificielle des nappes d'eau souterraine, abrogé par l'arrêté du GW du 3 mars 2005 relatif au livre II du code de l'Environnement, contenant le Code de (M.B. du 12/04/2005, p. 15068).

VIII.1.1.2. Zones de prévention rapprochée et éloignée ou zones IIa et IIb

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

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

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

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

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

2. la zone de prévention éloignée (zone IIb) : zone comprise entre le périmètre extérieur de la zone IIa et le périmètre extérieur de la zone d'appel de la prise d'eau. Le périmètre extérieur de la zone d'appel de la zone IIb ne peut être situé à une distance de l'ouvrage supérieure à celle correspondant à un temps de transfert de l'eau souterraine jusqu'à l'ouvrage de prise d'eau égal à 50 jours dans le sol saturé.

A défaut de données suffisantes permettant la délimitation de la zone IIb suivant les principes définis ci-avant, le périmètre de cette zone est distant du périmètre extérieur de la zone IIa de :

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

VIII.1.1.3. Zone de surveillance ou zone III

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

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

VIII.1.1.4. Mesures de protection

Diverses mesures de protection ont été définies par les autorités compétentes pour les différentes zones. Ces mesures concernent notamment l'utilisation et le stockage de produits dangereux, d'engrais ou de pesticides, les puits perdus, les nouveaux cimetières, les parkings,... Elles visent à réduire au maximum les risques de contamination de la nappe. Toutes ces mesures sont décrites aux articles R.162 à R.170 de l'Arrêté du Gouvernement Wallon du 12 février 2009¹⁰.

La Société publique de Gestion de l'Eau¹¹ assure la gestion financière des dossiers concernant la protection des eaux potabilisables distribuées par réseaux, par le biais de contrats de service passés avec les producteurs d'eau. Pour financer les recherches relatives à la délimitation des zones de prévention et indemniser tout particulier ou toute société dont les biens doivent être mis en conformité avec la législation, une redevance de 0,107 € est prélevée sur chaque m³ fourni par les sociétés de distribution d'eau.

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

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

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

¹¹ SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999

VIII.1.2. Brabant flamand

La carte Meldert - Tienen est partiellement située en Brabant flamand. La définition des zones de protection en Région Flamande diffère de celle en usage en Région Wallonne.

Les caractéristiques des zones de protection en Flandre sont les suivantes :

1° Waterwingebied : équivalent de la zone I en Région Wallonne. Dans ce périmètre, se trouvent les installations techniques liées au captage (maximum 20 m autour de la prise d'eau).

2° Zone I : avec un temps de transfert dans la zone saturée jusqu'au captage de maximum 24 heures. Cette zone I est délimitée par une ligne située à une distance minimale de 10 m des limites extérieures de la zone de prise d'eau (waterwingebied).

3° Zone II : avec un temps de transfert dans la zone saturée jusqu'au captage de maximum 60 jours avec une distance maximum de 150 m pour les aquifères captifs et de 300 m dans les autres cas.

4° Zone III : Cette zone est délimitée par une ligne située à une distance maximale de 2 000 m depuis le captage pour les aquifères libres.

Pour de plus amples informations sur la délimitation des zones de prévention en Flandre, nous invitons le lecteur à consulter les sites suivants :

- Vlaamse Milieumaatschappij : www.vmm.be;
- Databank Ondergrond Vlaanderen : <http://dov.vlaanderen.be>.

VIII.2. ZONE DE PRÉVENTION AUTOUR DES CAPTAGES DE LA CARTE DE MELDERT - TIENEN

L'ensemble des captages qui sont destinés à une distribution publique d'eau devront, dans un futur plus ou moins proche, faire l'objet d'une étude de délimitation des zones de prévention rapprochée et éloignée. Cette étude sera proposée au Service des Eaux Souterraines de la DGARNE et arrêtée, après éventuelle révision, par signature du ministre wallon en charge de l'environnement. Les zones de prévention qui doivent être définies sont symbolisées, sur la carte principale accompagnant cette notice, par un triangle vide centré sur les captages concernés (Figure VIII.2 à Figure VIII.4).

VIII.2.3. Les zones de protection en Flandre

A la date d'édition de cette carte (2012), aucune zone de prévention n'a encore été proposée à la DGRNE du Ministère de la Région Wallonne.

VIII.2.1. Zone de prévention arrêtée

A la date du mois de mars 2012, aucune zone de prévention arrêtée n'est recensée sur la carte Meldert – Tienen.

VIII.2.2. Zone de prévention à l'enquête publique

A la date du mois de mars 2012, aucune zone de prévention n'est à l'enquête publique sur la carte de Meldert – Tienen.

VIII.2.3. Zones de prévention à définir

A la date du mois de mars 2012, 7 captages sur la carte de Meldert - Tienen font l'objet d'une zone de prévention à définir, à savoir :

- 3 ouvrages du captage de Beauvechain (Figure VIII.2) ;
- 2 ouvrages du captage de Saint-Rémy-Geest (Figure VIII.3) ;
- 2 ouvrages du captage de Saint-Sulpice (Figure VIII.4).

Les études visant à définir les zones de prévention autour de ces captages sont actuellement en cours.

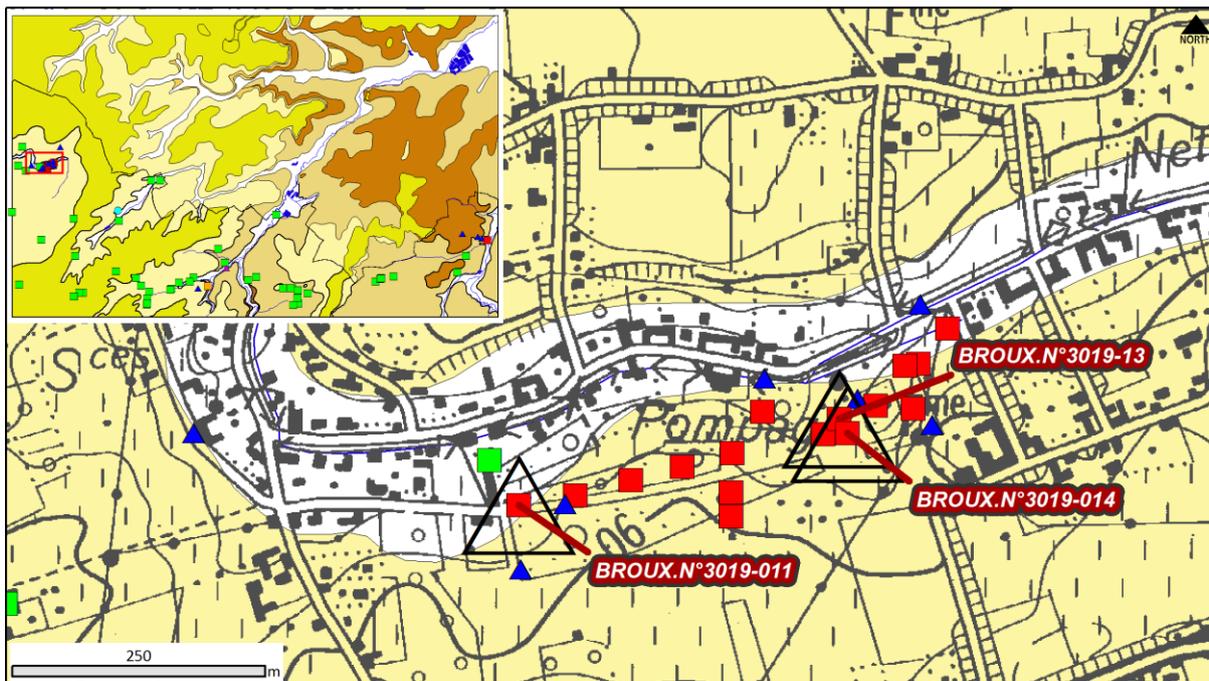


Figure VIII.2 : Zones de prévention à définir pour les ouvrages BROUX.N°3019-011, BROUX.N°3019-13 et BROUX.N°3019-014 appartenant à la batterie de puits du captage de Beauvechain.

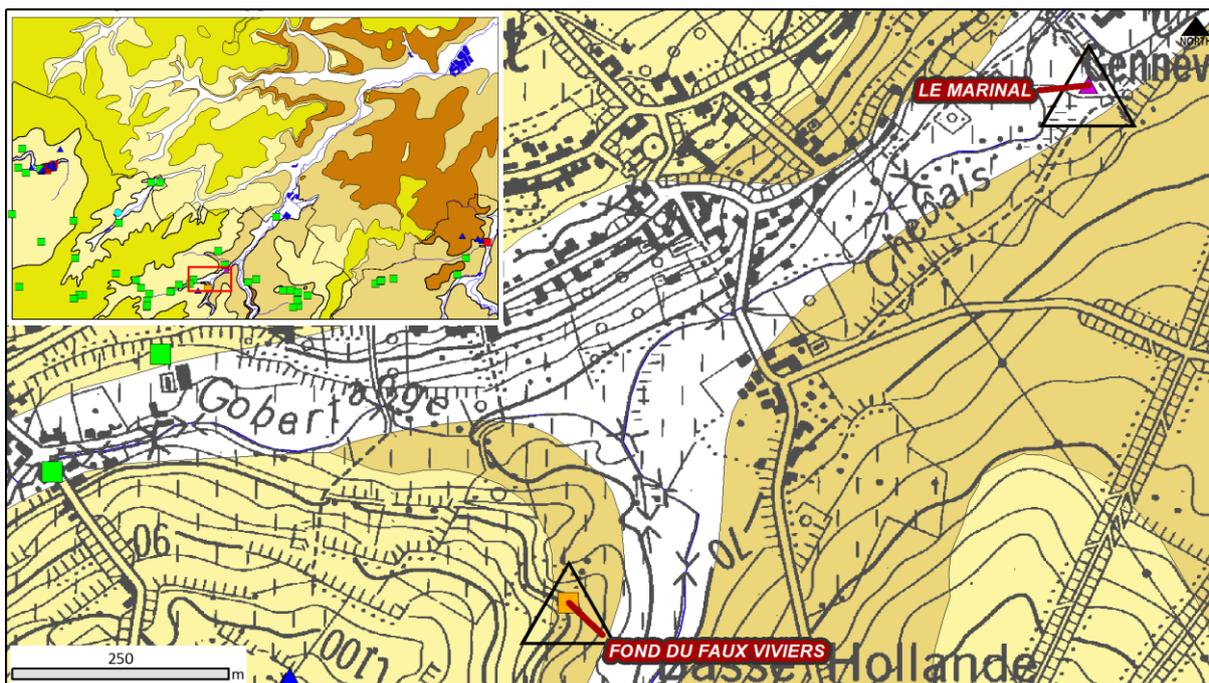


Figure VIII.3 : Zones de prévention à définir pour le captage de Saint-Rémy-Geest.

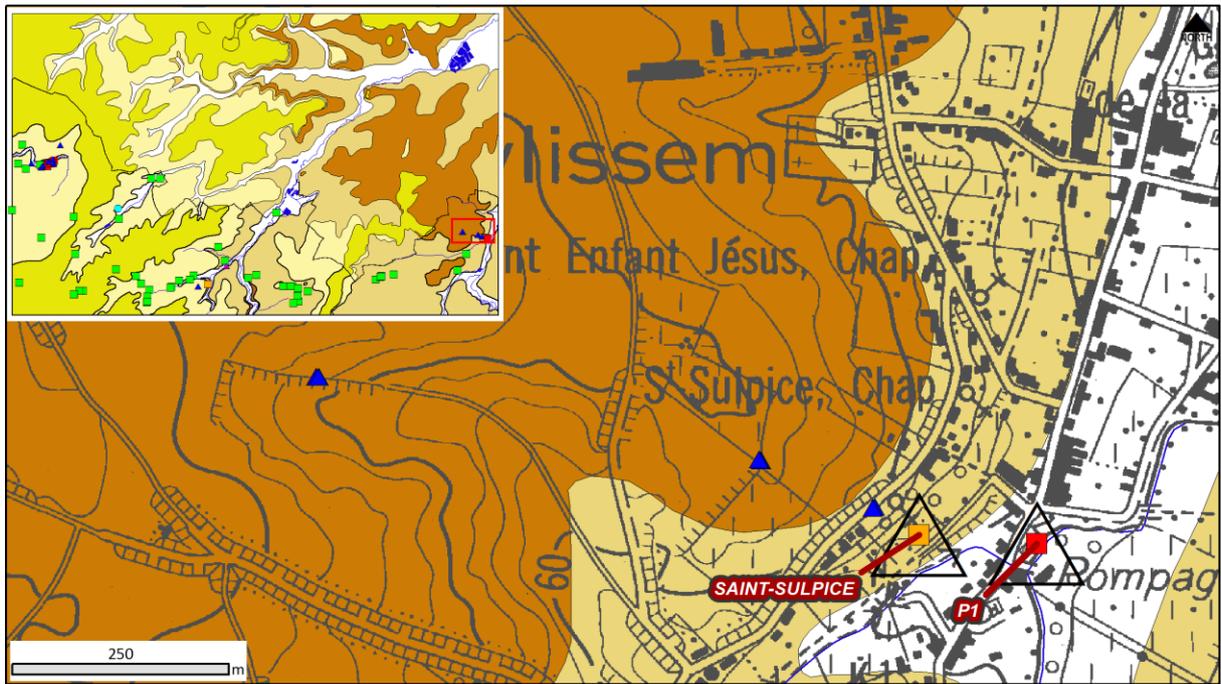


Figure VIII.4 : Zones de prévention à définir pour le captage de Saint-Sulpice.

IX. MÉTHODOLOGIE D'ÉLABORATION DE LA CARTE HYDROGÉOLOGIQUE

IX.1. INTRODUCTION

La réalisation de la carte hydrogéologique Meldert - Tienen (32/7-8) est basée essentiellement sur un travail de synthèse des données existantes provenant de sources multiples et variées. Ces données sont en outre complétées par des campagnes de mesures et de recherches d'information sur le terrain. Les informations récoltées sont ensuite stockées dans une banque de données géorelationnelle nommée "BD Hydro".

IX.2. COLLECTE DE DONNÉES

IX.2.1. Données existantes

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

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

D'autres données comme les anciens fonds géologiques et les fonds topographiques (récents et anciens) proviennent respectivement du Service Géologique de Belgique et de l'Institut National Géographique de Belgique.

Des compléments de données diverses (études, enquêtes sur le terrain, thèses, compte rendus de travaux, tests, rapports de recherche, etc.) ont été collectés auprès des :

- producteurs d'eau : Sociétés de distribution d'eau (S.W.D.E., V.M.W.), Services communaux, Associations intercommunales, Sociétés d'embouteillage d'eau ;
- universités ;
- sociétés de forage et carriers ;
- bureaux d'études en environnement ;
- industries ;
- particuliers.

Les données météorologiques et hydrologiques proviennent de l'IRM en ce qui concerne les stations météorologiques et de la DCENN pour les stations de jaugeage

Une station météorologique est localisée dans la commune de Beauvechain sur la carte. Il s'agit de la station de BEAUVECHAIN (G2) appartenant au réseau 2007 de l'IRM, elle mesure les précipitations depuis 1953. Deux autres stations sont situées en Flandre : TIENEN (G6) et HAUTHEM (G30).

Deux stations de jaugeage se trouvent sur la carte. Elles appartiennent à la DCENN, il s'agit de :

- la station L5720 située dans la Grande Gette à Saint-Rémy-Geest (Coordonnées Lambert X : 185 506 ; Y : 159 377) ;
- la station L6280 située dans la Petite Gette à Opheydissem (Coordonnées Lambert X : 193 333 ; Y : 158 910).

IX.3. MÉTHODOLOGIE DE CONSTRUCTION DE LA CARTE

IX.3.1. La banque de données BD HYDRO

Les données utilisées pour la construction de la carte hydrogéologique sont complexes et plus ou moins abondantes. Elles nécessitent de ce fait une organisation structurée de manière à optimiser leur stockage, leur gestion et leur mise à jour. Ainsi une base de données hydrogéologiques géorelationnelle a été développée (Gogu, 2000), (Gogu, et al., 2001). Cette première version de la base de données BD HYDRO a été régulièrement améliorée. Dans un souci d'homogénéité entre les équipes et d'autres institutions (dont l'administration wallonne, DGARNE), la base de données a été révisée. Le but est de créer un outil de travail commun et performant, répondant aux besoins des spécialistes impliqués dans la gestion des eaux souterraines. Les données hydrogéologiques dispersées géographiquement devaient être disponibles dans une seule base de données centralisée. Ainsi les données détaillées de l'hydrochimie, de la piézométrie, des volumes exploités, des paramètres d'écoulement et de transport, de la géologie, telles que les descriptions de log de forage et d'autres données administratives ou autre sont stockées dans la BD HYDRO qui se trouve à la DGARNE. Ces données peuvent être demandées à la Région qui décide de leur accessibilité au cas par cas. L'ensemble des données collectées est encodé dans la base de données géorelationnelle, BD HYDRO (Wojda, et al., 2005). Elle regroupe toutes les informations disponibles en matière

d'hydrogéologie en Région wallonne. Parmi les nombreuses et diverses données de la BD HYDRO on trouve des informations relatives à la localisation des prises d'eau (puits, sources, piézomètres,...), leurs caractéristiques géologiques et techniques, ainsi que des données sur la piézométrie, la qualité physicochimique des eaux souterraines, les volumes prélevés... Les divers tests (diagraphies, essais de pompage, essais de traçage, prospection géophysique) sont également encodés dans la BD HYDRO. Elle est également enrichie avec les informations sur les études, rapports et autres documents hydrogéologiques écrits. Ces renseignements se présentent sous la forme de métadonnées.

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

IX.3.2. Construction de la carte hydrogéologique

Les limites des unités hydrogéologiques sont directement dérivées de l'ancienne carte géologique de E. Van den Broeck et A. Rutot, levée en 1894. Les types d'unités hydrogéologiques sont définis principalement sur base de la lithologie de la nouvelle carte géologique à paraître (issues de Pingot, J.-L., en préparation). Dans certains cas, plusieurs unités géologiques superposées sont groupées en une seule unité hydrogéologique en tant qu'aquifère, aquiclude ou aquitard, selon leurs caractéristiques hydrodynamiques.

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

Des discontinuités, entre les limites géologiques et/ou hydrogéologiques, avec les cartes voisines peuvent apparaître pour l'Aquifère des sables de l'Oligocène et l'Aquifère alluvial avec les cartes 32/5-6 Duisbourg – Hamme-Mille située à l'ouest et 40/3-4 Jodoigne – Jauche située au sud, et pour l'Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien avec la carte 40/3-4 Jodoigne – Jauche située au sud. Elles sont le résultat de l'utilisation d'un fond géologique récent pour ces trois cartes alors que la carte hydrogéologique Meldert - Tienen a été réalisée avec un ancien fond

géologique. La façon dont sont actuellement levées les nouvelles cartes géologiques ayant changé, des discontinuités entre les unités géologiques existent entre les différentes générations. Les cartes hydrogéologiques sont toujours réalisées avec le fond géologique le plus récent et disponible à la publication. Dès lors il se peut que des cartes réalisées avec des nouveaux fonds côtoient des cartes faites avec des anciens fonds, ce qui justifie les discontinuités. Des conditions de levé différentes (quantité d'affleurement) et des variations latérales de faciès peuvent également entraîner des limites ou des formations géologiques différentes, avec pour conséquence des unités hydrogéologiques différentes.

Le type de couverture d'une nappe est déterminé sur base de la lithologie des formations géologiques qui affleurent sur la carte géologique. Plusieurs possibilités sont alors envisagées : nappe à l'affleurement, nappe sous couverture perméable, nappe sous couverture imperméable et nappe sous couverture semi-perméable. Dans le cas de la superposition de plusieurs nappes, c'est la couverture de la nappe principale qui est considérée et dans d'autres cas, c'est la couverture de la nappe supérieure qui est représentée.

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

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

Au total, 93 ouvrages ont été encodés dans la banque de données BD HYDRO. Ces ouvrages comprennent 17 puits de distribution, 2 puits sur galeries par gravité, 1 drain, 56 puits de particuliers, 16 piézomètres et 1 source. Ces données proviennent des communes, d'agriculteurs, de particuliers et de la banque de données de la Région Wallonne (DixSous).

Les données hydrochimiques ont, pour la plupart, été fournies par la banque de données de la Région Wallonne et par les sociétés de distribution d'eau. Environ

1 200 valeurs de paramètres chimiques, concernant 9 ouvrages, ont été encodées dans la banque de données BD HYDRO.

Les données piézométriques proviennent d'études hydrogéologiques de sociétés de distribution et de bureaux d'études ainsi que de campagnes piézométriques effectuées dans le cadre de la réalisation de cette carte, en 2009-2010, sur des piézomètres (S.W.D.E., V.M.W., SPAQuE) et sur des puits appartenant à des particuliers ou des agriculteurs. Il y a près de 53 valeurs disponibles sur 28 ouvrages.

Lorsque les cotes piézométriques ne sont pas suffisamment bien réparties sur la carte, ou si la nappe n'est pas continue, il est très difficile de tracer des isopièzes. Dans ce cas, seuls des cotes ponctuelles sont présentés sur la carte avec la mention de la date de mesure.

Sur la "Carte des isohypses" du poster, les isohypses et les cotes des isohypses proviennent de la base de données de Flandre (DOV-Databank Ondergrond Vlanderen).

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

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

- une carte principale (CP) au 1/25 000, reprenant la topographie, le réseau hydrographique, les unités hydrogéologiques en terme d'aquifère, d'aquiclude ou d'aquitard, les zones de prévention, les ouvrages selon leur type (puits, piézomètre, source, galerie etc.), la piézométrie à une date donnée (isopièzes ou, à défaut, cotes ponctuelles de la nappe), les phénomènes karstiques, etc. ;
- une ou plusieurs coupes hydrogéologiques montrant la structure des unités hydrogéologiques et le niveau piézométrique à une date donnée ;
- un tableau de correspondance entre les formations géologiques et les unités hydrogéologiques ;

- deux ou trois cartes thématiques au 1/50 000 complétant l'information donnée par la carte principale :
 - une carte des volumes (CV) où est repris l'ensemble des ouvrages (puits, piézomètres, sources,..) différenciés selon les principaux aquifères sollicités, ainsi que les volumes pompés et déclarés dans les différentes nappes en distinguant les volumes prélevés pour la distribution publique d'eau potable et des autres volumes prélevés (par les industries, les agriculteurs, les particuliers, etc.) ;
 - une carte des informations complémentaires, du caractère de la nappe et/ou de la couverture (CC) sur laquelle figurent les ouvrages pour lesquels des données hydrochimiques sont disponibles, les sites où divers tests (essais de pompage, traçages, diagraphies, ...) ont été réalisés, les zones investiguées par prospection géophysique, ou reconnues comme vulnérables aux nitrates ;
 - lorsque l'information existe, une carte des isohypses de la base et du toit de l'aquifère (CI), qui montre les aspects structuraux des aquifères principaux et leur épaisseur. Cette carte n'est pas toujours disponible, étant donné le contexte géologique (tectonique) et la disponibilité des données (log de forage).

X. BIBLIOGRAPHIE

André L., Hertogen J., Deutsch S. (1986) :

Ordovician-silurian magmatic provinces in Belgium and the Caledonian orogeny in middle Europe, *geology*, 14, pp. 879 - 882.

Boulvain F., Pingot J.-L. (2011) :

Genèse du sous-sol de la Wallonie. Académie royale de Belgique. Mémoire de la classe des sciences in 8°, 3^{ème} série, 34, 190 p.

Brouyère S., Gesels J., Jamin P., Robert T., Thomas L., Dassargues A., Bastien J., Van Wittenberge F., Rorive A., Dossin F., Lacour J.-L., Le Madec D., Nogarède P., Hallet V. (2009) :

Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en œuvre de la directive européenne 2000/60 sur les masses d'eau souterraine en région wallonne (projet Synclin'eau), livrable D.5.11 – partie RWM022 et RWM023. Convention RW et SPGE-Aquapole.

Capette L., Hallet V. (2010) :

Carte hydrogéologique de Wallonie, Duisbourg – Hamme-Mille 32/5-6. 1:25 000. Namur, Service Public de Wallonie, Direction Générale opérationnelle Agriculture, Ressources Naturelles et Environnement, 1 notice explicative de 99 p.

Capette L., Hallet V. (2010) :

Carte hydrogéologique de Wallonie, Jodoigne - Jauche 40/3-4. 1:25 000. Namur, Service Public de Wallonie, Direction Générale opérationnelle Agriculture, Ressources Naturelles et Environnement, 1 notice explicative de 94 p.

Capette L., Hallet V. (2010) :

Carte hydrogéologique de Wallonie, Meldert - Tienen 32/7-8. 1:25 000. Namur, Service Public de Wallonie, Direction Générale opérationnelle Agriculture, Ressources Naturelles et Environnement, 1 notice explicative de 92 p.

Castany G. (1998) :

Hydrogéologie, principes et méthodes, Dunod, 236 p.

Castany G., Margat J. (1977) :

Dictionnaire français d'hydrogéologie, éditions du BRGM.

RA-CEEW (2006-2007) :

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

Dassargues A. & Monjoie A. (1993) :

Hydrogeology of the chalk of north-west europe, chapter 8: chalk as an aquifer in Belgium. Oxford university press.

Dejonghe L. (1998) :

Guide de lecture des cartes géologiques de Wallonie au 1/25 000. Ministère de la Région wallonne, 47 p.

Dejonghe L. (1998) :

Guide de lecture des cartes géologiques de Wallonie au 1/25 000 édité par le ministère de la région wallonne, 47 p.

Debacker T.N., Dewaele S., Sintubin M., Verniers J., Muchez P., Boven A. (2005) :

Timing and duration of the progressive deformation of the Brabant Massif, Belgium, *Geologica Belgica*, 8/4, pp. 20-34.

De Vos W., Verniers J., Herbosch A., Vanguetstaine M. (1993) :

A new geological map of the Brabant Massif, Belgium, *geol. Mag.*, 130, pp. 605-611.

Fetter C.W. (2001) :

Applied hydrogeology, fourth edition, prentice hall, 598 p.

Gogu R.C. (2000) :

Advances in groundwater protection strategy using vulnerability mapping and hydrogeological gis databases, thèse de doctorat, Lgih, fac. Sciences appliquées, université de liège, inédit.

Gogu R.C., Carabin G., Hallet V., Peters V., Dassargues A. (2001) :

Gis-based hydrogeological database and groundwater modelling, *Hydrogeology journal*, 9, pp. 555-569.

Hallet V. (1998) :

Etude de la contamination de la nappe aquifère de Hesbaye par les nitrates : hydrogéologie, hydrochimie et modélisation mathématique des processus d'écoulement et de transport en milieu saturé. Thèse de doctorat, Université de Liège, 360 p.

Meinzer O. E. (1923a):

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

Meyus Y., Batelaan O., De Smedt F. (2000) :

Concept vlaams grondwater model (VGM), technisch concept van het vgm, deelrapport i: hydrogeologische codering van de ondergrond van vlaanderen (HCOV), in opdracht van het ministerie van de vlaamse gemeenschap, departement leefmilieu en infrastructuur, aminal, afdeling water, 58 p.

Meyus Y., Cools J., Adyns D., Zeleke S.Y., Woldeamlak S.T., Batelaan O.,

De Smedt F. (2005) :

Hydrogeologische detailstudie van de ondergrond in vlaanderen, eindrapport. Ministerie van de vlaamse gemeenschap, administratie milieu-, natuur-, land- en waterbeheer, afdeling water. 107 p. + bijlängen.

Mourlon M. (1880) :

Géologie de la Belgique, 306 p.

Pfannkuch (1990) :

Elsevier's dictionary of environmental hydrogeology, Elsevier.

Pingot J.-L., Delcambre B. (2006) :

Perwez – Eghezée. Carte géologique de Wallonie. Ministère de la Région wallonne, 71 p + 1 notice explicative.

Pingot J.L. (en préparation) :

Carte Meldert-Tienen. Notice explicative et une carte au 1/25.000. Service public de Wallonie.

Poehls D.J., Smith G.J. (2009) :

Encyclopedic dictionary of hydrogeology, Elsevier academic press.

Pomerol C. (1982) :

Eléments de géologie, ed. Colin.

Sintubin M. (1999) :

Arcurate fold and cleavage patterns in the southeastern part of the anglo-brabant fold belt (Belgium) : tectonic implications, Tectonophysics, 309, p. 81-97.

Sintubin M., Debacker T., Verniers J. (2002) :

The tectonometamorphic history of the Brabant Massif (Belgium): the state of the art, aardk. Mededel., 12, pp. 69-72.

Sintubin M., Everaerts M. (2002) :

A compressional wedge model for the lower palaeozoic anglo-brabant belt (Belgium) based on potential field data. Geological Society of London, special publications, 201, pp. 327-343.

S.P.W. – DGARNE – DGO3 (Mai 2005a) :

Fiche de caractérisation des masses d'eau souterraine. Fiche détaillée. Masse d'eau souterraine RWE160: "Socle du Brabant". Service Public de Wallonie. Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3).

S.P.W. - DGARNE – DGO3 (Mai 2005b) :

Fiche de caractérisation des masses d'eau souterraine. Fiche détaillée. Masse d'eau souterraine RWE080 : "Craies du Brabant". Service Public de Wallonie. Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3).

S.P.W. - DGARNE – DGO3 (Mars 2006) :

Fiches de caractérisation des masses d'eau souterraine. Caractérisation détaillée. Masse d'eau souterraine RWE051 : "Sables du Bruxellien". Service Public de Wallonie. Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3).

S.P.W. - DGARNE – DGO3 (Juin 2010) :

Fiches de caractérisation des masses d'eau souterraine. District hydrographique international de l'Escaut. Etat des lieux de la masse d'eau RWE051 : "Sables du Bruxellien" (Escaut). Service Public de Wallonie. Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3).

S.P.W. - DGARNE – DGO3 (Juin 2010) :

Avant-projet de plan de gestion – DHI Meuse – masse d'eau souterraine RWM041. Service Public de Wallonie. Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3).

S.P.W. - DGARNE – DGO3 (Juin 2010 V.7.0) :

District hydrographique international de l'Escaut. Etat des lieux de la masse d'eau RWE053 : "Sables du Landénien (Est)". Service Public de Wallonie. Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3).

S.W.D.E. (2009) :

Réalisation de huit puits de reconnaissance (PR1 à PR3 et PR5 à PR9) et de huit piézomètres (Pz1 à Pz8) dans le cadre de l'étude des zones de prévention des prises d'eau de Beauvechain et Nodebais, service protection des ressources et captage. Rapport technique n°206.

Unesco-Omm (1992) :

Glossaire international d'hydrologie, seconde édition, 413 p.

Van Den Broeck E., Rutot A. (1894) :

Carte géologique de Belgique, planchette 104, Meldert - Tienen, 1/40 000, Service Géologique de Belgique.

Vlaamse Milieumaatschappij (2006) :

Grondwaterbeheer in vlaanderen : het onzichtbare water doorgrond, aalst. 150 p.
http://www.vmm.be/publicaties/2008/grondwater_ok.pdf.

Vlaamse Milieumaatschappij (2008) :

Grondwater in vlaanderen: het brulandkrijtsysteem, aalst. 125 p.
http://www.vmm.be/publicaties/2008/blks_systeem_definitief_ok.pdf.

Wojda P. Et Al. (2005) :

Appui à la conception de la structure, à l'interfaçage et à l'enrichissement de la base de données hydrogéologiques de la Région wallonne. SPW - D'GARNE, convention SPW - ULg-Hydrogéologie.

Wojda P., Dachy M., Popescu I.C., Ruthy I., Gardin N. (2006) :

Manuel d'utilisation de la banque de données hydrogéologiques de la Région wallonne, inédit, 44 p.

XI. ANNEXE 1: LISTE DES ABRÉVIATIONS

DGARNE

Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3). Service public de Wallonie. Avenue Prince de Liège, 15 à 5100 Namur (Belgique).

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

DCENN

Direction des Cours d'Eau Non Navigables. Direction des Eaux Souterraines. Depuis le 1^{er} août 2008, Ministère wallon de l'Équipement et des Transports et le Ministère de la Région wallonne ont fusionné pour donner naissance au Service public de Wallonie. Ainsi la DGRNE est reprise dans la Direction générale opérationnelle 3 (DGO3) dont les domaines de compétences sont l'Agriculture, les Ressources naturelles et l'Environnement. La Direction des Eaux Souterraines est incluse dans le Département de l'Environnement et de l'Eau.

IRM

Institut Royal Météorologique, Section Climatologie. Avenue Circulaire, 3 à 1180 BRUXELLES.

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

ISSeP

Institut Scientifique de Service Public. Rue du Chéra, 200 à 4000 LIEGE.

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

SGB

Service Géologique de Belgique. Département VII de l'Institut royal des Sciences Naturelles de Belgique. Rue Jenner, 13 à 1000 BRUXELLES.

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

SPAQuE

Société Publique d'Aide à la Qualité de l'Environnement. Boulevard d'Avroy, 38/6 à 4000 LIEGE.

<http://www.spaque.be> ou <http://www.walsols.be/>

S.P.W.

Service Publique de Wallonie. Place Joséphine-Charlotte, 2 à 5100 Namur, Belgique.

<http://spw.wallonie.be/>

S.W.D.E.

Société Wallonne des Eaux. Rue de la Concorde, 41 à 4800 VERVIERS.

<http://www.S.W.D.E..be>

V.M.M.

Vlaamse Milieumaatschappij. A. Van de Maelestraat 96 à 9320 Erembodegem.

<http://www.vmm.be> et <http://www.vmm.be/water>

DOV

Databank Ondergrond Vlaanderen.

<http://dov.vlaanderen.be>

V.M.W.

Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening. Belliardstraat 73 à 1040 Brussel ;
<http://www.vmw.be>

B.R.G.M.

Bureau de Recherches Géologiques et Minières (France).

<http://www.brgm.fr/>

XII. ANNEXE 2: HYDROGEOLOGISCHE CODERING VAN DE ONDERGROND VAN VLAANDEREN (HCOV)

Hoofdeenheid		Sub-eenheid		Basiseenheid		
0000	Onbepaald	/		/		
0100	Quartaire Aquifer-systemen	0110	Ophogingen	/		
		0120	Duinen	/		
		0130	Polder-afzettingen	0131		Kleiige polderafzettingen van de Kustvlakte
				0132		Kleiige polderafzettingen van het Meetjesland
				0133		Kleiige polderafzettingen van Waasland-Antwerpen
				0134		Zandige Kreekruggen
				0135		Veen-kleiige poelgronden
		0140	Alluviale deklagen	/		
		0150	Deklagen	0151		Zandige deklagen
				0152		Zand-lemige deklagen
				0153		Lemige deklagen
				0154		Kleiige deklagen
		0160	Pleistocene afzettingen	0161		Pleistoceen van de Kustvlakte
				0162		Pleistoceen van de Vlaamse Vallei
				0163		Pleistoceen van de riviervalleien
		0170	Maas- en Rijnafzettingen	0171		Afzettingen Hoofdterras
				0172		Afzettingen Tussenterrassen
0173				Afzettingen Maasvlakte		

0200	Kempens Aquifer-systeem	0210	Afzettingen ten noorden van de Feldbiss-breukzone	0211	Zandige eenheid boven de Brunssum I-klei
				0212	Brunssum I-klei
				0213	Zand van Pey
				0214	Brunssum II-klei
				0215	Zand van Waubach
		0220	Klei-zand-complex van de Kempen	0221	Klei van Turnhout
				0222	Zand van Beerse
				0223	Zanden van Brasschaat en/of Merksplas
		0230	Pleistoceen en Pliocene Aquifer	0231	Zanden van Brasschaat en/of Merksplas
				0232	Zand van Mol
				0233	Zandige top van Lillo
				0234	Zand van Poederlee en/of zandige top van Kasterlee
		0240	Pliocene kleiige laag	0241	Kleiig deel van Lillo en/of van de overgang Lillo-Kattendijk
				0242	Kleiige overgang tussen de zanden van Kasterlee en Diest
		0250	Mioceen Aquifersysteem	0251	Zand van Kattendijk en/of onderste zandlaag van Lillo
				0252	Zand van Diest
				0253	Zand van Bolderberg
				0254	Zanden van Berchem en/of Voort
0255	Klei van Veldhoven				
0256	Zand van Eigenbilzen				
0300	Boom Aquitard	/	0301	Kleiig deel van Eigenbilzen	
			0302	Klei van Putte	
			0303	Klei van Terhagen	
			0304	Klei van Belsele-Waas	

0400	Oligoceen Aquifer-systeem	0410	Zand van Kerniel	1.	Zand van Kerniel		
		0420	Klei van Kleine-Spouwen	2.	Klei van Kleine-Spouwen		
		0430	Ruisbroek-Berg Aquifer	0431	Zand van Berg		
				0432	Zand van Kerkom		
				0433	Kleilig zand van Oude Biezen		
				0434	Zand van Boutersem		
				0435	Zand van Ruisbroek		
				0436	Zand van Wintham		
		0440	Tongeren Aquitard	0441	Klei van Henis		
				0442	Klei van Watervliet		
0450	Onder-Oligoceen Aquifersysteem	0451	Zand van Neerrepn				
		0452	Zand-klei van Grimmertingen				
		0453	Kleilig zand van Bassevelde				
0500	Bartoon Aquitard-systeem /			0501	Klei van Onderdijke		
				0502	Zand van Buisputten		
				0503	Klei van Zomergem		
				0504	Zand van Onderdale		
				0505	Kleien van Ursel en/of Asse		
0600	Ledo Brusseliaan Aquifer-systeem	0610	Wemmel-Lede Aquifer	0611	Zand van Wemmel		
				0612	Zand van Lede		
		0620	Zand van Brussel	3.	Zand van Brussel		
		0630	Afzettingen van het Boven- Paniseliaan	0631	Zanden van Aalter en/of Oedelem		
				0632	Zandige klei van Beernem		
0640	Zandige afzettingen van het Onder-Paniseliaan	4.	Zand van Vlierzele en/of Aalterbrugge				
0700	Paniseliaan Aquitard-systeem	/		0701	Klei van Pittem		
				0702	Klei van Merelbeke		
0800	Ieperiaan Aquifer	/		5.	Zand van Egem en/of Mont-Panisel		
0900	Ieperiaan Aquitard-systeem	0910	Silt van Kortemark	6.	Silt van Kortemark		
				0921	Klei van Aalbeke		
		0920	Afzettingen van Kortrijk	0922	Klei van Moen		
				0923	Zand van Mons-en-Pévèle		
				0924	Klei van Saint-Maur		
				0925	Klei van Mont-Héribu		

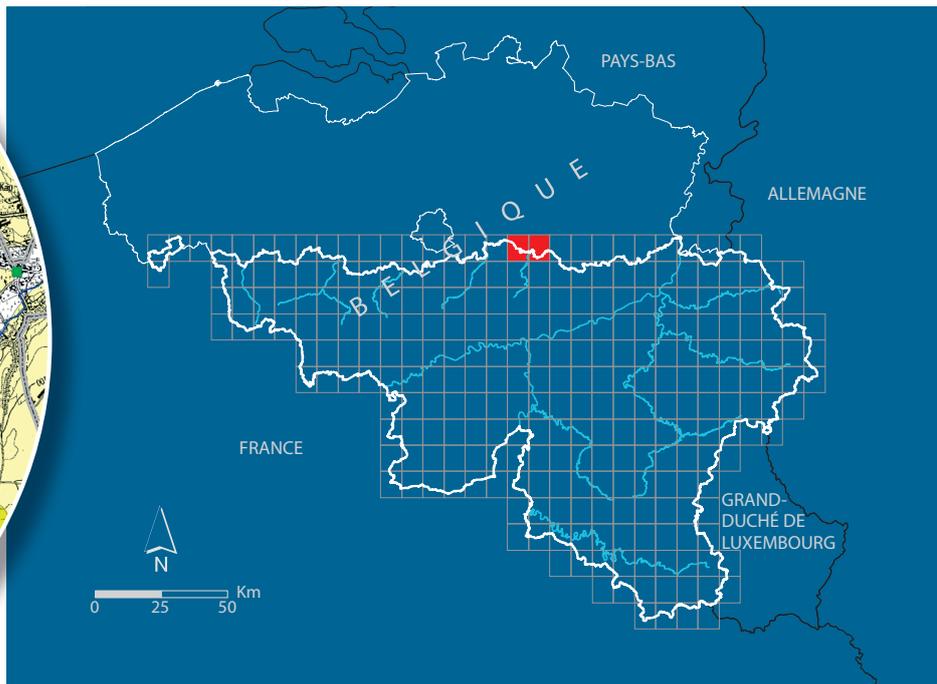
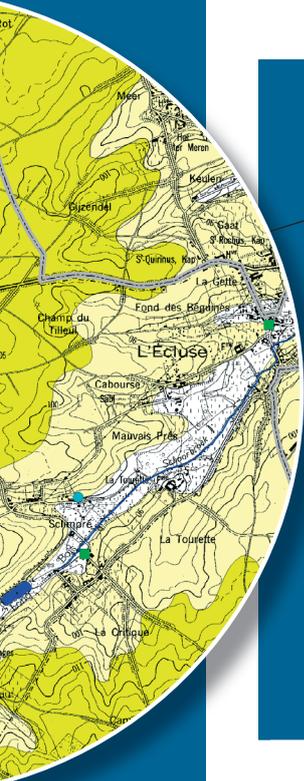
1000	Paleoceen Aquifer-systeem	1010	Landeniaan Aquifer-systeem	1011	Zand van Knokke		
				1012	Zandige afzettingen van Loksbergen en/of Dormaal		
				1013	Zand van Grandglise		
				1014	Kleiig deel van Lincent		
				1015	Versteend deel van Lincent		
		1020	Landeniaan en Heersiaan Aquitard	1021	Siltige afzettingen van Halen		
				1022	Klei van Waterschei		
				1023	Slecht doorlatend deel van de Mergels van Gelinden		
		1030	Heersiaan en Opglabbeek Aquifersysteem	1031	Doorlatend deel van de Mergels van Gelinden		
				1032	Zand van Orp		
				1033	Zand van Eisden		
				1034	Klei van Opoeteren		
				1035	Zand van Maasmechelen		
		1100	Krijt Aquifer-systeem	1110	Krijt Aquifer	1111	Kalksteen van Houthem
						1112	Tufkrijt van Maastricht
1113	Krijt van Gulpen						
1120	Afzettingen van Vaals			7. Smectiet van Herve			
1130	Zand van Aken			8. Zand van Aken			
1140	Turoonmergels Massief van Brabant			op /			
1150	Wealdiaan			/			
1200	Jura - Trias - Perm	1210	Jura	/			
		1220	Trias	/			
		1230	Perm	/			
1300	Sokkel	1310	Boven-Carboon (steenkoolterrein en -lagen)	/			
		1320	Kolenkalk	/			
		1330	Devoon	/			
		1340	Cambro-Siluur Massief van Brabant	/			

Source : Databank Ondergrond Vlaanderen, DOV → Grondwater → HCOV kartering

<http://dov.vlaanderen.be/dovweb/html/3hcov.html>

XIII. ANNEXE 3 : TABLE DES OUVRAGES CITÉS DANS LA NOTICE

NUMERO	IDRW	CODERW	NOM	TITULAIRE	EXPLOITANT	TYPE	CARTE	X	Y	PROF
FPMSCH00_11763	12671	3287003	ST-JEAN-GEEST DE CHEZ EUGENE	JOSSE LUC ET VINCENT	JOSSE LUC ET VINCENT	Autre ouvrage	3278	187.200	159.140	16
FPMSCH00_11769	12689	4033022	MELIN RUE DU RIVAGE	BOSMAN FERDINAND	BOSMAN FERDINAND	Autre ouvrage	3278	183.270	159.115	2
FPMSCH00_11806	14859	4033059	MELIN MAISON DU BOIS	BEGUIN MARCEL	BEGUIN MARCEL	Autre ouvrage	3278	182.271	159.223	12
FPMSCH00_11817	16370	4033070	MELIN SAINT ANTOINE	MICHOTTE YVES	MICHOTTE YVES	Autre ouvrage	3278	180.056	158.855	8
FPMSCH00_11841	17639	4033096	MELIN R DE LA HESSEREE	VAN DE LANOITTE LUC	VAN DE LANOITTE LUC	Autre ouvrage	3278	182.467	158.788	-
FPMSCH00_12952	4723	3277001	CAMP A 15	MINISTERE DE LA DEFENSE NATIONALE	FORCES ARMEES, SECTION 1 KDR BEAUVECHAIN	Autre ouvrage	3278	180.040	161.440	43
FPMSCH00_12953	674	3277003	ESPINETTE C 5	MINISTERE DE LA DEFENSE NATIONALE	FORCES ARMEES, SECTION 1 KDR BEAUVECHAIN	Autre ouvrage	3278	178.260	159.250	52
FPMSCH00_12956	6852	3277002	LE CULOT B 22	MINISTERE DE LA DEFENSE NATIONALE	FORCES ARMEES, SECTION 1 KDR BEAUVECHAIN	Autre ouvrage	3278	178.980	160.750	28
FPMSCH00_13602	12665	3275002	L'ECLUSE PUIITS DE LA GAET	DELEU-PHILIPPETTE	DELEU-PHILIPPETTE	Autre ouvrage	3278	182.600	162.700	-
FPMSCH00_11816	16093	4033069	MELIN MAISON DU BOIS	BOSMAN JOSE	BOSMAN JOSE	Autre ouvrage	3278	181.443	159.700	-
FPMSCH00_13608	4274	3279001	LE MARINAL	V.M.W.	SWDE	Drain	3278	185.070	159.800	-
FPMSCH00_12954	6428	3279002	FOND DU FAUX VIVIER	V.M.W.	SWDE	Puits sur galerie par gravité	3278	184.470	159.200	-
FPMSCH00_13614	1270	3289002	SAINT-SULPICE	V.M.W.	V.M.W.	Puits sur galerie par gravité	3278	193.538	160.740	-
DISOUS01_31469	32631	3274020	BROUX.N°3019-010	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Puits pour la distribution publique d'eau potable	3278	179.035	163.135	28
DISOUS01_31470	32632	3274021	BROUX.N°3019-009	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Puits pour la distribution publique d'eau potable	3278	179.090	163.150	24
DISOUS01_31471	32633	3274022	BROUX.N°3019-008	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Puits pour la distribution publique d'eau potable	3278	179.141	163.163	24
DISOUS01_31472	32634	3274023	BROUX.N°3019-007	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Puits pour la distribution publique d'eau potable	3278	179.190	163.177	28
DISOUS01_31473	32635	3274024	BROUX.N°3019-006	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Puits pour la distribution publique d'eau potable	3278	179.220	163.218	28
DISOUS01_31474	32636	3274025	BROUX.N°3019-005	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Puits pour la distribution publique d'eau potable	3278	179.280	163.196	24
DISOUS01_31475	32637	3274026	BROUX.N°3019-004	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Puits pour la distribution publique d'eau potable	3278	179.332	163.224	24
DISOUS01_31476	32638	3274027	BROUX.N°3019-003	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Puits pour la distribution publique d'eau potable	3278	179.374	163.266	24
DISOUS01_31477	32639	3274028	BROUX.N°3019-002	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Puits pour la distribution publique d'eau potable	3278	179.361	163.264	24
DISOUS01_31478	32640	3274029	BROUX.N°3019-001	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Puits pour la distribution publique d'eau potable	3278	179.403	163.301	27
DISOUS01_31479	32641	3274030	BROUX.N°3019-015	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Puits pour la distribution publique d'eau potable	3278	179.369	163.221	19
DISOUS01_31480	32642	3274031	BROUX.N°3019-016	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Puits pour la distribution publique d'eau potable	3278	179.189	163.138	20
DISOUS01_31481	32643	3274032	BROUX.N°3019-017	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Puits pour la distribution publique d'eau potable	3278	179.189	163.114	-
FPMSCH00_12950	3361	3274002	BROUX.N°3019-13	V.M.W.	V.M.W.	Puits pour la distribution publique d'eau potable	3278	179.296	163.211	81
FPMSCH00_12955	1195	3274001	BROUX.N°3019-011	V.M.W.	VMW / SWDE	Puits pour la distribution publique d'eau potable	3278	178.979	163.125	26
FPMSCH00_13600	21580	3274017	BROUX.N°3019-014	V.M.W.	V.M.W.	Puits pour la distribution publique d'eau potable	3278	179.304	163.197	84
FPMSCH00_13615	3430	3289003	P1	V.M.W.	V.M.W.	Puits pour la distribution publique d'eau potable	3278	193.674	160.730	-
DIXSOU00_25406	26167	3274018	BROUX.N°3019-012	V.M.W.	VMW / SWDE	Piézomètre	3278	179.314	163.231	81
FUNDPN04_101451	0	0	SAINT SULPICE PR1	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Piézomètre	3278	193.356	160.826	84
FUNDPN04_101452	0	0	SAINT-SULPICE PR1bis	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Piézomètre	3278	193.354	160.827	28
FUNDPN04_101453	0	0	SAINT-SULPICE PR2	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Piézomètre	3278	192.843	160.923	90
FUNDPN04_101454	0	0	SAINT-SULPICE PR2bis	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Piézomètre	3278	192.846	160.923	35
FUNDPN04_101455	0	0	SAINT-SULPICE PR3	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Piézomètre	3278	193.487	160.772	70
FUNDPN04_101457	0	0	SAINT-SULPICE PR3bis	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Piézomètre	3278	193.485	160.771	20
FUNDPN04_101474	0	0	BEAUVECHAIN PR1	SWDE	SWDE	Piézomètre	3278	179.376	163.325	27
FUNDPN04_101475	0	0	BEAUVECHAIN PR2	SWDE	SWDE	Piézomètre	3278	179.388	163.205	32
FUNDPN04_101477	0	0	BEAUVECHAIN PR5	SWDE	SWDE	Piézomètre	3278	179.222	163.251	27
FUNDPN04_101478	0	0	BEAUVECHAIN PZ1	SWDE	SWDE	Piézomètre	3278	179.025	163.126	30
FUNDPN04_101479	0	0	BEAUVECHAIN PZ2	SWDE	SWDE	Piézomètre	3278	179.611	163.806	77
FUNDPN04_101484	0	0	SAINT-REMY GEEST PZ VMW/SWDE	VMW / SWDE	VMW / SWDE	Piézomètre	3278	184.144	159.109	50
FUNDPN04_101481	0	0	SAINT-REMY GEEST PZ4 SWDE	SWDE	SWDE	Piézomètre	3278	184.149	159.114	45
FPMSCH00_13601	5156	3275001	BORD DE L'ETANG	MONNAERTS BOSSICART	MONNAERTS BOSSICART	Source (exploitée ou non)	3278	181.500	161.700	-



SPW | Éditions, CARTES

Dépôt légal : D/2012/12.796/7 – ISBN : 978-2-8056-0108-8

Editeur responsable : Claude DELBEUCK, DGARNE,
15, Avenue Prince de Liège – 5100 Jambes (Namur) Belgique

N° Vert du SPW : 0800 11 901 - www.wallonie.be