

Notice explicative

CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE WALLONIE

Échelle : 1/25 000



Editrice responsable : Bénédicte Heindricks
SPW Agriculture, Ressources naturelles et Environnement
Avenue Prince de Liège, 15
B-5100 Namur (Jambes) - Belgique



Jodoigne- Jauche

40/3-4

Ludovic CAPETTE et Vincent HALLET

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



NOTICE EXPLICATIVE
2022

Première version : 2010

Photos couverture © SPW Agriculture, Ressources naturelles et Environnement

Fontaine de l'ours à Andenne

Forage exploité

Argillère de Celles à Houyet

Puits et sonde de mesure de niveau piézométrique

Émergence (source)

Essai de traçage au Chantoir de Rostenne à Dinant

Galerie de Hesbaye

TABLE DES MATIÈRES

I. INTRODUCTION	9
II. CADRE GÉOGRAPHIQUE, GÉOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE	11
III. CADRE GÉOLOGIQUE	13
III.1. CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL.....	13
III.2. CADRE GÉOLOGIQUE DE LA CARTE	13
III.2.1. Cadre lithostratigraphique.....	13
III.2.1.1. Paléozoïque	13
III.2.1.2. Mésozoïque	14
III.2.1.3. Cénozoïque.....	14
III.2.2. Cadre structural.....	17
III.2.2.1. Socle paléozoïque calédonien.....	17
III.2.2.2. Couverture méso-cénozoïque.....	17
IV. CADRE HYDROGÉOLOGIQUE	19
IV.1. GÉNÉRALITÉS ET CONCEPTS DE BASE.....	19
IV.1. DESCRIPTION DES UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES	20
IV.1.1. Paléozoïque	20
IV.1.1.1. Aquiclude-Aquitard-Aquifère du socle cambro-silurien	20
IV.1.1.2. Aquifère du Cambrien.....	20
IV.1.1.3. Aquifère à niveaux aquicludes du socle cambro-silurien.....	20
IV.1.1.4. Aquiclude à niveaux aquitards du socle cambro-silurien	20
IV.1.2. Mésozoïque.....	20
IV.1.2.1. Aquifère des craies du Crétacé.....	20
IV.1.3. Cénozoïque.....	21
IV.1.3.1. L'aquiclude des argiles du Paléocène	21
IV.1.3.2. L'aquifère des sables du Paléocène	21
IV.1.3.3. L'aquiclude-aquitard des argiles de l'Éocène	21
IV.1.3.4. L'aquifère des sables de l'Éocène	21
IV.1.3.5. L'aquifère alluvial.....	21
IV.2. MASSES D'EAU.....	21
IV.3. PHÉNOMÈNES KARSTIQUES.....	24
IV.4. DESCRIPTION DE L'HYDROGÉOLOGIE RÉGIONALE	25
IV.4.1. Généralités.....	25
IV.4.2. Piézométrie.....	25
IV.4.2.1. Socle cambro-silurien.....	25
IV.4.2.2. Aquifère des craies du Crétacé.....	26
IV.4.2.3. Aquifère des sables du Paléocène	27
IV.5. COUPE HYDROGÉOLOGIQUE	29
IV.6. CARACTÈRE LIBRE, SEMI-CAPTIF, CAPTIF DES NAPPES ET ARTÉSIANISME	29
IV.6.1. Définitions.....	29
IV.6.2. Aquifères importants de la carte.....	30
V. CADRE HYDROCHIMIQUE	31
V.1. CARACTÉRISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX.....	31
V.1.1. Aquifère du Cambrien.....	31
V.1.2. Aquifère des craies du Crétacé.....	31
V.1.3. Aquifère des sables du Paléocène	32

V.1.4. Commentaires.....	34
V.2. PROBLÉMATIQUE DES NITRATES.....	35
V.2.1. Aquifères du Cambrien.....	36
V.2.2. Aquifère des craies du Crétacé.....	36
V.2.3. Aquifère des sables de Paléocène	37
V.2.4. Aquifère des sables de l'Éocène	38
V.3. QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE.....	39
V.4. PESTICIDES.....	39
V.5. ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES	40
V.6. ETAT DES MASSES D'EAU	40
VI. EXPLOITATION DES AQUIFÈRES	43
VII. PARAMÈTRES HYDROGÉOLOGIQUES	45
VII.1. INTRODUCTION.....	45
VII.2. PARAMÈTRES D'ÉCOULEMENT	46
VII.2.1. Aquifère du Cambrien.....	46
VII.2.2. Aquifère des sables du Paléocène	46
VII.3. PARAMÈTRES DE TRANSPORT.....	47
VIII. ZONES DE PROTECTION.....	49
VIII.4. CADRE LÉGAL.....	49
VIII.4.1. Zone de prise d'eau.....	49
VIII.4.2. Zones de prévention.....	49
VIII.4.2.1. La zone de prévention rapprochée.....	50
VIII.4.2.2. La zone de prévention éloignée.....	50
VIII.4.3. Zone de surveillance.....	50
VIII.5. MESURES DE PROTECTION	50
VIII.6. ZONES DE PRÉVENTION AUTOUR DES CAPTAGES EN WALLONIE.....	50
VIII.6.1. Zones de prévention à définir	51
IX. BIBLIOGRAPHIE	53
X. ANNEXES	55
X.1. LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	55
X.2. MÉTHODOLOGIE DE L'ÉLABORATION DE LA CARTE HYDROGÉOLOGIQUE.....	55
X.2.1. Origine des données	55
X.2.1.1. DONNÉES GÉOLOGIQUES.....	55
X.2.1.2. Points hydrogéologiques.....	55
X.2.1.3. Données piézométriques.....	56
X.2.1.4. Données hydrochimiques.....	56
X.2.1.5. Zone de prévention, zone vulnérable aux nitrates.....	56
X.2.1.6. Isohypses.....	56
X.2.1.7. Volumes.....	56
X.2.2. Méthodologie de construction de la carte	56
X.2.2.1. Base de données hydrogéologiques	56
X.2.2.2. Construction de la carte hydrogéologique.....	56

AVANT-PROPOS

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

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

La base de données hydrogéologiques de Wallonie (BD Hydro), principale source de données servant à l’élaboration des cartes hydrogéologiques, est en perpétuelle amélioration et mise régulièrement à jour.

La carte de Jodoigne – Jauche a été réalisée par Ludovic Capette (licencié en Sciences Géologiques) en 2010 et actualisée en 2014. Le projet était supervisé par le Prof. Vincent Hallet du Département de Géologie de l’Université de Namur. Avant sa publication sur le site de la carte hydrogéologique de Wallonie en 2022, elle a été revue et partiellement actualisée par S. Rekk (Dr en sciences, SPW ARNE – Direction des Eaux souterraines).

Les auteurs de la carte hydrogéologique remercient vivement les auteurs de la carte géologique (V. Dumoulin, S. Blockmans, A. Herbosch et T. Debacker) ainsi que le Service Géologique de Belgique et, en particulier, le Dr. E. Goemaere (géologue attaché au SGB) pour leurs explications à propos de la géologie complexe de cette région. Nous remercions également la Société Wallonne Des Eaux (SWDE), 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 laissé accéder aux ouvrages lors de nos investigations sur le terrain. Merci enfin à Ingrid Ruthy (ULg) pour sa relecture attentive et constructive de la carte et de la notice.

Par un choix délibéré, toute superposition d’informations conduisant à réduire la lisibilité des cartes sur le poster A0 a été évitée. L’entièreté des informations n’est donc pas toujours représentée sur le poster A0, c’est pourquoi depuis mai 2006, la carte hydrogéologique de Wallonie est consultable en ligne via le portail cartographique du Service Public de Wallonie¹ où les données sont disponibles de manière exhaustive.

¹ <http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartehydrogeo>.

I. INTRODUCTION

Située en Moyenne Belgique, la région de Jodoigne – Jauche (Fig. 1) couvre la zone limoneuse de Hesbaye brabançonne dont la vocation agricole est bien marquée dans le paysage.

Les principales activités commerciales et industrielles se situent à Jodoigne et dans les environs. Les cours d'eau sont peu abondants et de faible importance mis à part la vallée de la Grande Gette qui traverse la carte en son centre. Quelques plans d'eau liés à l'exploitation de carrières sont toutefois présents notamment à Don-gelberg et Opprebais. On observe également beaucoup d'étendues boisées, bien réparties sur l'ensemble du territoire.

d'altération et de fissures dans le socle cambro-silurien ainsi que des craies du Crétacé qui constituent des aquifères assez souvent exploités à l'est de la carte.

La carte hydrogéologique présentée ci-après est construite sur base de la nouvelle carte géologique à paraître (Blockmans et al., 2019).

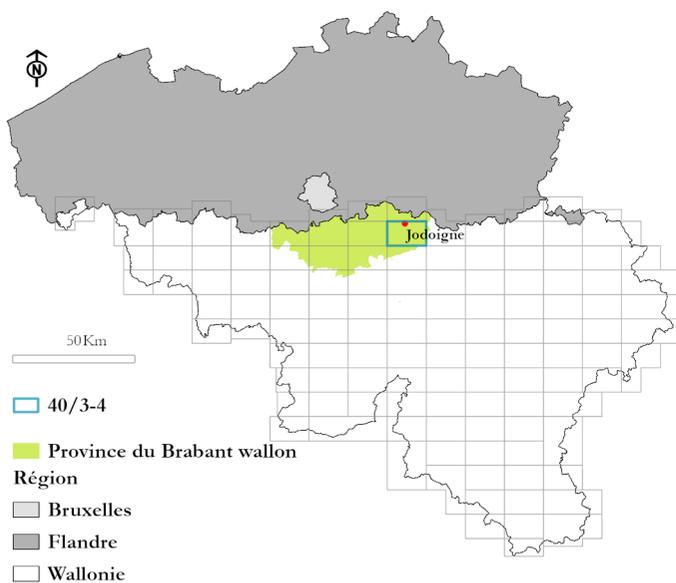


Fig.1 : Localisation de la carte hydrogéologique 40/3-4.

Le substrat de la carte comprend deux ensembles géologiques importants séparés par une surface de discordance angulaire :

- * le socle paléozoïque du Massif du Brabant constitué de terrains dont l'âge s'étend du Cambrien au Silurien. Ce socle a été plissé et fracturé lors du cycle orogénique calédonien, puis largement érodé ;
- * une couverture méso-cénozoïque déposée sur une surface imparfaitement aplanie. Au cours de cette période, les différentes transgressions qui se sont avancées ont abandonné des sédiments aux faciès généralement littoraux.

Les sables cénozoïques constituent le principal réservoir d'eau souterraine sur la carte de Jodoigne – Jauche. On peut également trouver localement des aquifères

présent dans le coin nord-ouest de la carte. Ces cours d'eau appartiennent tous au bassin fluvial de l'Escaut.

Une station climatique et 5 stations limnimétriques sont présentes sur la carte (Fig. 3).

III. CADRE GÉOLOGIQUE

III.1. CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

La région couverte par la carte 40/3-4 (Fig. 4) comprend deux ensembles géologiques séparés par une surface de discordance angulaire. A la base, le socle paléozoïque du Massif du Brabant est constitué de terrains d'âge cambrien (Fig. 5) surmontés, en discordance angulaire, de la couverture méso-cénozoïque. Les terrains du socle sont des roches détritiques terrigènes provenant de l'altération de roches volcaniques basiques au Cambrien inférieur et du démantèlement d'un complexe granito-gneissique au cours de l'Ordovicien (André, Hertogen, & Deutsch, 1986). Ce socle a été plissé et fracturé lors de l'orogénèse calédonienne puis largement érodé. Les roches du Massif du Brabant affleurent dans les vallées de la Grande Gette et de l'Orbais. Elles ont été exploitées par le passé dans les carrières d'Opprebais et de Dongelberg.

Au sud, le massif s'enfonce sous les terrains dévoniens du Parautochtone brabançon. Ceux-ci forment, avec les terrains carbonifères, la bordure septentrionale du Parautochtone brabançon. Les couches sont disposées en plateaux, inclinées avec un faible pendage (10° à 20° en moyenne) vers le sud. Une couverture méso-cénozoïque (Fig. 4) vient ensuite se déposer en discordance angulaire sur une surface imparfaitement

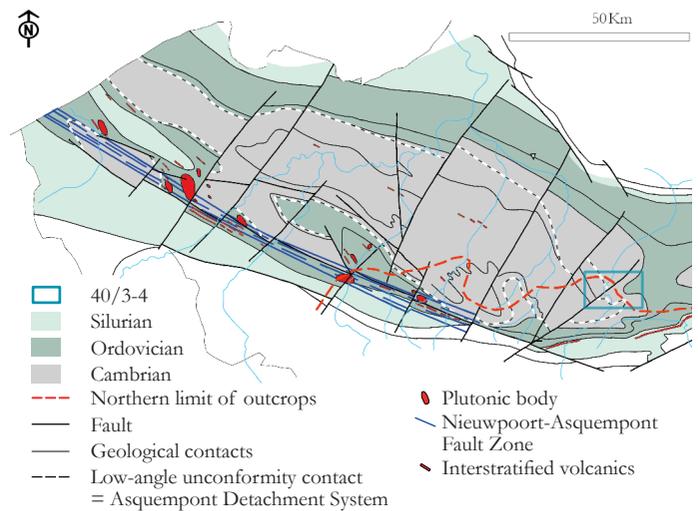


Fig. 5 : Localisation de la planche 40/3-4 Jodoigne - Jauche sur la carte géologique du Massif du Brabant d'après Herbosch & Verniers (2014).

aplanie et dont la base incline très faiblement vers le nord. Ces dépôts méso-cénozoïques sont souvent séparés par des surfaces d'érosion. Au cours de cette période, différentes transgressions se sont avancées sur la région en y abandonnant des sédiments aux faciès généralement proximaux.

III.2. CADRE GÉOLOGIQUE DE LA CARTE

III.2.1. Cadre lithostratigraphique

La description des formations géologiques fait référence à la nouvelle carte géologique 40/3-4 Jodoigne - Jauche dressée au 1/25 000 par Blockmans et al. (2019). Cette carte est utilisée comme document de référence pour la carte hydrogéologique. Pour cette dernière, les formations ont été regroupées ou subdivisées en unités hydrogéologiques selon leurs caractéristiques hydrodynamiques. Le Tableau 1 reprend les subdivisions géologiques utilisées dans la région de Jodoigne - Jauche.

Les unités géologiques sont décrites, de la plus ancienne à la plus jeune, de manière non exhaustive. Seules sont précisées les informations nécessaires à l'hydrogéologie (lithologie, épaisseur, etc.). Pour de plus amples informations, le lecteur pourra se reporter aux divers documents repris au chapitre «Bibliographie», page 53.

III.2.1.1. Paléozoïque

Le Paléozoïque de la carte 40/3-4 est formé des formations de Blanmont (BLM) et de Jodoigne (JOD) appartenant au Cambrien inférieur. Ces deux formations affleurent, sur la carte, dans les vallées de la Grande

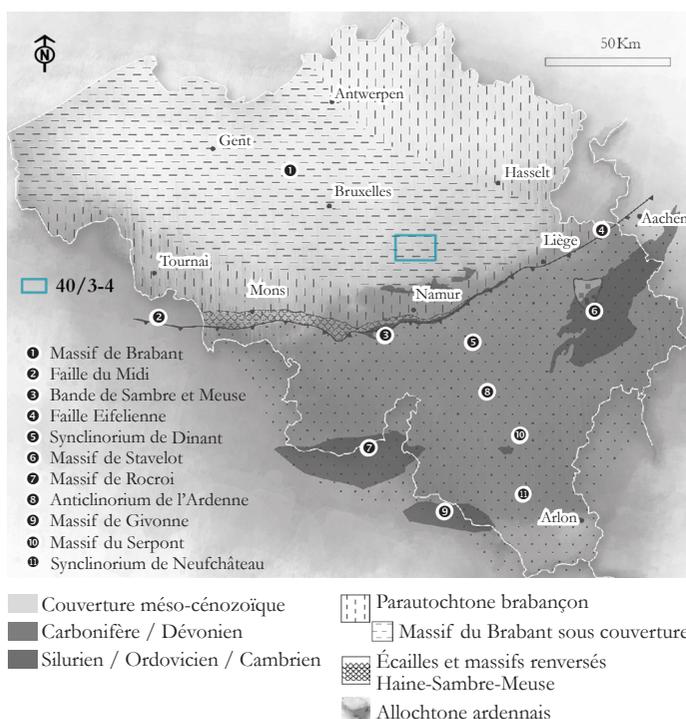


Fig. 4 : Situation de la carte 40/3-4 dans le contexte géologique général de la Belgique (modifié, d'après Hance et al., 1999 et Belanger et al., 2012).

Gette et de l'Orbais (Fig. 6).

Formation de Blanmont

Datée du Cambrien inférieur par analyse isotopique Pb-U (Von Hoegen et al., 1990), c'est la plus ancienne formation présente sur la carte. Elle est essentiellement constituée de quartzite verdâtre très massif, parfois micacé. Sa patine d'altération lui confère des teintes verdâtres, rouilles, rougeâtres ou lie-de-vin.

On l'observe sur une épaisseur de 200 m à la carrière de Dongelberg et de 300 m à la carrière d'Opprebais.

Son épaisseur totale est indéterminable mais estimée à 1500 m.

Formation de Jodoigne

La Formation de Jodoigne a longtemps été considérée comme la plus ancienne formation du Massif du Brabant. On la situait alors stratigraphiquement sous la Formation de Blanmont dans le Cambrien inférieur (Verniers et al., 2001). Toutefois, en 2008, de nouvelles investigations sédimentologiques, structurales et magnétiques ont montré un âge stratigraphique qui se situerait au Cambrien moyen (Herbosch et al., 2008).

Elle est constituée de grès et schistes noirs avec, localement, des quartzites noirs et gris clair alternant avec des schistes noirs et des grès à débris de schistes.

Son épaisseur est estimée à 4000 m.

III.2.1.2. Mésozoïque

La Formation de Folx-les-Caves (FOX)

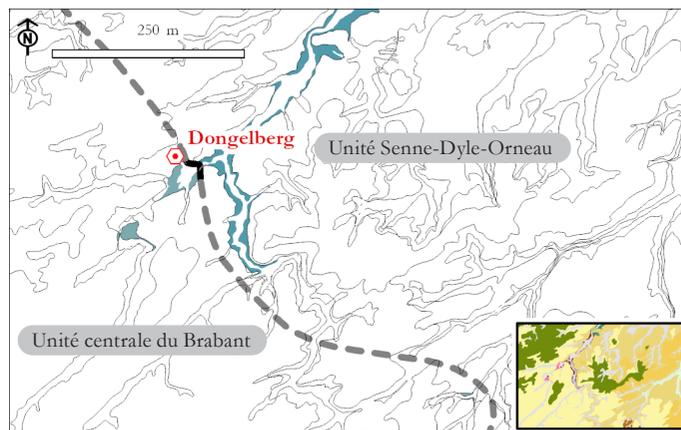
La Formation de Folx-les-Caves est datée du Campanien inférieur (Robaszynski et al., 2001).

Elle est constituée de craies grossières arénacées avec silex à la base, de craies sableuses agglomérées en bancs de tuffeau, de sables calcaires crèmes et de bancs de cherts bruns.

L'épaisseur de cette formation varie de 4 à 7 m et s'amenuise progressivement vers le sud, coincée entre le relèvement du toit du socle paléozoïque et le dépôt des sables bruxelliens.

Groupe Gulpen - Jauche (GJ)

Ces deux formations sont regroupées car la Formation de Jauche ne dépasse pas 1 m d'épaisseur sur cette carte et est donc difficilement cartographiable à l'échelle 1/25.000.



Unités géologiques

- Blanmont
- Jodoigne

Failles

Type / Etat / Affleurante -Sous-couverture

- Normale / Attestée / Affleurante
- Normale / Attestée / Sous-couverture
- Normale / Hypothétique / Sous-couverture

Fig. 6 : Zones d'affleurement des formations de Blanmont et de Jodoigne sur la carte 40/3-4 et faille de Dongelberg.

La Formation de Gulpen

Datant du Campanien supérieur, elle est formée d'une craie blanche assez fine, devenant marneuse et collante dans ses parties altérées proches de la surface du sol. Elle contient plusieurs horizons de chert gris foncé ou noirs. Le sommet de la Formation de Gulpen est fortement karstifié et montre une importante chaille de silex résiduels. On note la présence d'un hardground de 65 cm d'épaisseur formé d'une craie bioturbée et bioclastique, à nodules de phosphates et petits silex.

La Formation de Gulpen surmonte soit la Formation de Folx-les-Caves, soit le socle paléozoïque.

Son épaisseur est de maximum 25 m sur cette carte.

La Formation de Jauche

Cette formation est datée du Maastrichtien supérieur (Robaszynski et al., 2001).

Elle est composée d'une craie grossière à lithoclastes (quartzite et quartz), riche en fragments de brachiopodes et de mollusques.

Son épaisseur n'excède pas 1 m sur cette carte.

III.2.1.3. Cénozoïque

Le Cénozoïque de la carte 40/3-4 est formé du Paléogène avec les formations de Heers (HER), Hannut (HAN), de Ramillies (RAM), de Tienen (TIE), de Bruxelles (BXL), de Sint-Huibrechts-Hern (SHH) de

Tableau 1 : Tableau lithostratigraphique de la carte 40/3-4 (d'après Blockmans et al., 2019).

Ere	Système	Série	Etage	Unité lithostratigraphique				Epaisseur (m)	Lithologie (d'après Blockmans et al., 2019)		
				GR.	Fm.	Mb.	Symb.				
CENOZOÏQUE	QUATERNAIRE			Remblais anthropiques				X	?	Remblais	
				Limon pléistocènes nivéo-éoliens				LIM	>10		Limon
				Alluvions modernes des vallées et colluvions				AMO	?		Limon, limon sableux, argile
	OLIGOC.	RUPELLIEN	SINT-HUIBRECHTS-HERN	Neer-repen		SHH	5 > 20		Sables fins, glauconifères et micacés		
				Grim-mertingen					Sables très fins argileux, très glauconifères et très micacés Parfois petits graviers à la base		
	EOCENE	LUTET.	BRUXELLES				BXL	max 25	Sables plus ou moins glauconifères, localement concrétions gréseuses. Au SE, sables plus fins un peu argileux et décarbonatés		
			YPRES.	TIENEN	Dormaal	TIE	DOR	10 > 20	Sables grossiers chenalisants, lentilles de lignite, d'argile, de marne, de sable. Localement lentilles de quartzite.		
	PALEOGENE	THANETIEN		RAMILLIES		RAM	max 20		Argiles		
			HANNUT		HAN	max 35		Sables fins plus ou moins glauconieux et parfois relativement argileux Sables très fins glauconieux carbonatés souvent silicifiés Argiles sableuses glauconieuses avec cailloutis de base à silex			
		SELANDIEN	HEERS		Gelinden	HER	GEL	~4	Marnes très carbonatées légèrement glauconifères en grandes lentilles entrecoupées de sables type Membre d'Orp		
	Orp		ORP	Sables très fins glauconifères à lentilles de marne, d'épaisseur centimétrique, niveaux fossilifères et niveaux de marne vers le sommet							
	MESOZOÏQUE	CRETACE	SUPERIEUR	MAAST.	GULPEN JAUCHE		GJ	JAU	~1	Biocalcarénite : craies grossières à lithoclastes (quartzite et quartz)	
					JAUCHE			GUL	≤25	Hardground Calcsiltite : craies friables avec lits de silex	
		CAMPANIEN	GULPEN		FOX	FOX	≤25	Biocalcarénite graveleuse (Tuffeau jaunâtre) : craies à grains grossiers et lithoclastes de quartz, quartzite et craie indurée			
			FOLX-LES-CAVES					Conglomérat à galets de biocalcarénite, de quartzite et de schiste cimentés par une craie grossière			
								Biocalcarénites (Tuffeau siliceux): craie à grains grossiers (quartzite et quartz) et bioclastes + niveaux à silex			
	PALEOZOÏQUE	CAMBRIEN	MOYEN	JODOIGNE				JOD	~300 > 400	Aquitard-Aquitard-Aquiclude du socle cambro-silurien Faciès Jodoigne : passées métriques à décamétriques de schiste et/ou de schiste à passées millimétriques à centimétriques de silt alternant avec des séquences rythmiques de grès, de siltite et de schiste type turbidite	
									~1.800		Lacune : notamment alternance centimétrique à décimétrique et rythmique de grès, siltites et schistes type turbidite
~300		Faciès Jodoigne - Souveraine : quartzites massifs									
~700 > 800		Lacune : lithologie inconnue									
~150		Faciès Orbais : quartzites (+ épisodiquement galets mous de schiste) en bancs décimétriques alternant avec des schistes pyriteux à petits bancs de grès									
~400		Lacune : probablement schistes									
~300		Faciès Maka : quartzites massifs alternant avec des schistes pyriteux et des petits bancs de grès									
INF.		BLANMONT							BLM		>1.500

l'Éocène et du Quaternaire avec les limons (LIM) et les alluvions modernes des vallées (AMO).

Formation de Heers

La Formation de Heers est d'âge Selandien (Paléocène moyen) (Laga et al., 2001). Elle se compose des membres d'Orp à la base et de Gelinden au sommet.

Son épaisseur est d'environ 4 m.

Membre d' Orp

Le Membre d'Orp est formé de sables très fins, glauconifères, finement laminaires. On observe également des lentilles centimétriques de marnes blanches et de niveaux fossilifères.

Membre de Gelinden

Il se compose de marnes blanches très carbonatées et légèrement glauconifères sous forme de bancs lenticulaires entrecoupés de sables.

Formation de Hannut

La Formation de Hannut appartient à l'Étage Thanétien (Paléocène supérieur). Elle se compose de sédiments très fins, glauconieux, argileux, silteux ou sableux, parfois carbonatés, silicifiés et plus ou moins indurés. De la base au sommet, on observe :

- * un niveau variable (environ 1 m d'épaisseur) d'argile sableuse ;
- * des sables très fins, glauconieux et carbonatés, souvent silicifiés ;
- * des sables fins homogènes, plus ou moins glauconieux, parfois argileux.

Son épaisseur peut atteindre 35 m.

Formation de Ramillies

La Formation de Ramillies se situe dans le Thanétien supérieur. Elle est constituée d'argiles et smectites pures (montmorillonite) renfermant des sphérulites de 0,2 à 0,4 m de sidérite (FeCO_3).

Son épaisseur est de maximum 20 m sur cette carte.

La Formation de Tienen

La Formation de Tienen se situe entre le Thanétien supérieur et l'Yprésien inférieur. Elle est représentée ici par le seul Membre de Doormal.

Lithologiquement hétérogène, elle comprend des sables blanc crème assez fin et argileux renfermant des couches

d'argile noire à lignites avec bois silicifiés, des marnes foncées et des grès blancs dans sa partie supérieure.

Son épaisseur est estimée entre 10 et 20 m.

Formation de Bruxelles

Cette formation hétérogène, d'âge Lutétien (Éocène), est constituée de sable souvent grossier blanchâtre ou verdâtre, teinté par la glauconie à sa base. Par altération, ce sable acquiert une teinte rouille. Ces sables incorporent parfois des niveaux gréso-carbonatés.

Le Bruxellien a une épaisseur variant entre 20 et 25 m sur cette carte.

Formation de Sint-Huibrechts-Hern

La Formation de Sint-Huibrechts-Hern date du Priabonien supérieur (Éocène supérieur). Elle consiste en des sables très fins plus ou moins argileux et des argiles sableuses. La base (Membre de Grimmertingen) est plus argileuse et le sommet (Membre de Neerrepen) plus sableux.

Son épaisseur est de 5 à 20 m.

Quaternaire

Les dépôts quaternaires sont constitués par les limons (LIM) nivéo-éoliens et colluvionnaires et les alluvions anciennes (ALA) et modernes (AMO) des cours d'eau.

Limons

Une activité importante du vent à la fin du Pléistocène a mené à la formation de dépôts très étendus de limons éoliens dans la zone étudiée formant ainsi une couverture complète.

Ce loess, d'origine nivéo-éolienne (glaciation Würm) joue le rôle de filtre partiel pour l'alimentation de la nappe et peut retarder les processus de recharge des nappes sous-jacentes.

L'épaisseur de ces terrains limoneux est très variable et comprise entre 2 et 20 m. Ils ne sont pas cartographiés sur la présente carte.

Alluvions modernes (AMO)

Au cours de l'Holocène, des alluvions se sont déposées dans les vallées des cours d'eau. L'épaisseur et la granulométrie des alluvions sont très hétérogènes, aussi bien horizontalement que verticalement, conséquence du débit des cours d'eau durant la phase de dépôt.

III.2.2. Cadre structural

Les terrains de la carte Jodoigne – Jauche se composent du socle paléozoïque calédonien, plissé et faillé, surmonté d'une couverture méso-cénozoïque tabulaire reposant en discordance angulaire.

III.2.2.1. Socle paléozoïque calédonien

L'allure générale du socle paléozoïque montre une élévation du nord vers le sud. Il ne s'agit cependant que d'une allure générale. De manière plus détaillée, on remarque des paléoreliefs plus élevés pour la Formation de Blanmont, constituée de quartzites, par rapport à la Formation de Jodoigne (grès, schistes,...), présente dans la partie nord de la carte.

La carte se situe au niveau de l'écaille cambrienne de l'unité structurale du Massif du Brabant (Fig. 7). A l'échelle régionale, le modèle simple de ce massif formé d'un anticlinal à cœur cambrien (De Vos et 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 où les couches sont très redressées, la schistosité subverticale et où apparaissent surtout des plis à fort ennoyage (Sintubin et al., 2002 ; Debacker et al., 2005). Ce domaine central serait limité par deux linéaments : au nord, le linéament de Tienen (LT) et au sud-ouest, le linéament d'Asquempont (LA). La bordure méridionale ordovico-silurienne du massif montre pour sa part des plis à ennoyage nettement plus faible et une schistosité à pendage nord.

Autre structure majeure du socle : la Faille de Don-gelberg. Elle marque la limite entre deux unités déjà reconnues dans les bassins de la Senne et de la Dyle : au sud-ouest, (1) l'Unité centrale du Brabant située sous cette faille et uniquement constituée ici de la Formation de Blanmont ; et, au nord-est, (2) l'Unité Senne-Dyle-Orneau située au-dessus de cette faille et formée par la Formation de Jodoigne et les formations plus jeunes partout cachées par la couverture (Fig. 6). Cette faille majeure, interprétée comme une faille très précoce, entre l'Ordovicien tardif et la formation de la

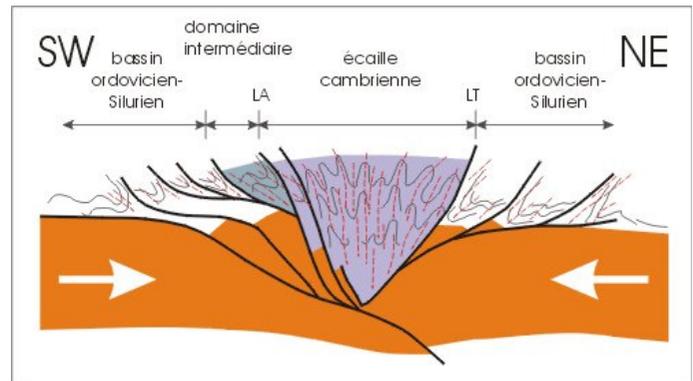


Fig. 7 : Modèle tectonique du Massif du Brabant. La carte Jodoigne - Jauche se situe au niveau de l'écaille cambrienne (d'après Sintubin & Everaerts (2002), modifié). LA = Linéament d'Asquempont; LT = Linéament de Tienen (Boulvain et Pingot, 2014)

schistosité, fait disparaître une partie de la Formation de Blanmont, la totalité des formations de Tubize et d'Oisquerq et une partie de la Formation de Jodoigne.

III.2.2.2. Couverture méso-cénozoïque

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 n'affleurent qu'à l'est, à Orp-Jauche, dans le bassin de la Petite Gette.

IV. CADRE HYDROGÉOLOGIQUE

IV.1. GÉNÉRALITÉS ET CONCEPTS DE BASE

Les roches, si elles sont fissurées et/ou poreuses, constituent des réservoirs dans lesquels l'eau souterraine, ou nappe d'eau souterraine ou nappe, transite de manière plus ou moins aisée. La facilité avec laquelle cet écoulement souterrain se fait est liée à la perméabilité de la roche (k), notamment, et est quantifiée par la conductivité hydraulique (K) ; cette dernière est la vitesse à laquelle l'eau souterraine se déplace au sein du réservoir rocheux.

Trois termes sont utilisés pour qualifier le caractère plus ou moins perméable des réservoirs rocheux en hydrogéologie (UNESCO-OMM, 1992) :

- * **Aquifère** : réservoir perméable dans lequel l'écoulement de l'eau souterraine se fait à des vitesses significatives. Ce type de réservoir permet d'exploiter de grandes quantités d'eaux souterraines ;
- * **Aquitard** : réservoir semi-perméable dans lequel l'écoulement se fait à des vitesses moindres que dans un aquifère. Ce type de réservoir permet d'exploiter des quantités moins importantes d'eau souterraine ;
- * **Aquiclude** : réservoir peu perméable ou imperméable dans lequel l'écoulement se fait à des vitesses très faibles ; l'eau souterraine dans ce type de réservoir ne peut pas être exploitée de façon rentable.

Ces termes sont surtout qualitatifs et non quantitatifs. Ils renseignent, à une échelle régionale, sur le caractère globalement perméable, semi-perméable ou imperméable d'un réservoir rocheux ou **unité hydrogéologique**. Ils donnent une idée du potentiel économique que représentent les différentes unités hydrogéologiques en termes d'exploitation. Ils se basent principalement sur la description lithologique des unités géologiques car les roches peuvent être caractérisées par la taille et la forme de leur pores et de leurs fissures, la granulométrie et la forme des grains, la distribution des granulométries, leur sensibilité à la dissolution, etc.

Toutes ces caractéristiques déterminent la géométrie du réseau poreux (Fig. 8) du réservoir rocheux et conséquemment la perméabilité (k). C'est pourquoi les

unités géologiques sont regroupées ou subdivisées en unités hydrogéologiques, chacune étant définie par un comportement hydrodynamique spécifique caractérisée par la conductivité hydraulique (K) qui détermine le caractère plus ou moins aquifère d'une roche. Exprimée en m/s, elle est directement proportionnelle à la perméabilité. Cette dernière est conditionnée par la porosité efficace¹. En effet, une roche comme l'argile avec une porosité totale importante contient de l'eau mais est très

Tableau 2 : Porosité totale, porosité efficace et conductivité hydraulique des principaux types de roches (Castany, 1998)

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

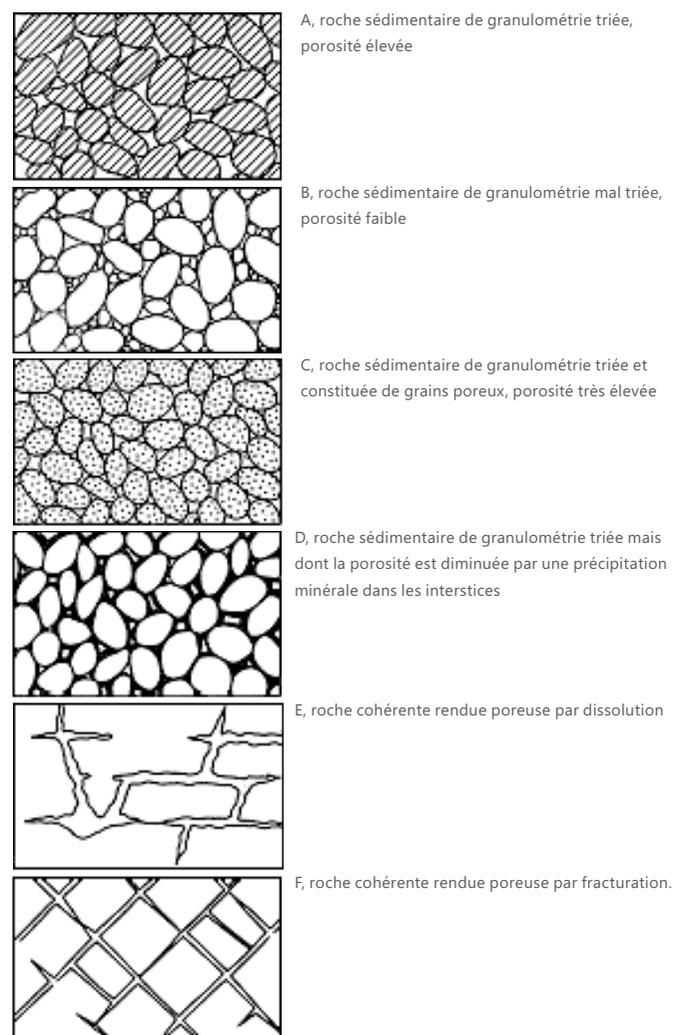


Fig. 8 : Différents types de porosité dans les roches meubles et cohérentes (Meinzer, 1923)

¹ Rapport du volume d'eau contenue dans un matériau pouvant être libérée sous l'effet de la gravité, au volume total du milieu qui la contient.

peu perméable car sa porosité efficace est quasi nulle (Tableau 2).

Les roches cohérentes sont, en principe, très peu perméables. Néanmoins, la fracturation, l'altération ou la dissolution peuvent modifier leur perméabilité (Fig. 8, Tableau 2) :

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

Les failles peuvent constituer, selon la lithologie du réservoir (grès, roches carbonatées) des zones de circulations préférentielles des eaux souterraines.

IV.1. DESCRIPTION DES UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES

Les unités hydrogéologiques définies pour la carte Jodoigne – Jauche sont décrites ci-dessous dans l'ordre stratigraphique, de la plus ancienne à la plus récente. Elles sont reprises de manière synthétique dans le Tableau 3.

IV.1.1. Paléozoïque

IV.1.1.1. Aquiclude-Aquitard-Aquifère du socle cambro-silurien

Le socle cambro-silurien est très variable dans sa composition lithologique et peu accessible, de ce fait et lorsque le levé cartographique n'a pu identifier la Formation de Blanmont ou les différents faciès connus de la Formation de Jodoigne, il est globalement identifié comme Aquiclude-Aquitard-Aquifère du socle cambro-silurien.

Les formations de Blanmont et Jodoigne qui le constituent sont formées (1) de schistes et de phyllades au comportement aquiclude, (2) de quartzophyllades et de

siltite au comportement aquitard et (3) de grès et de quartzites au comportement aquifère.

Dans tous les cas, ces roches ne présenteront un potentiel aquifère que lorsqu'elles sont altérées et/ou fracturées. La perméabilité des quartzites et des grès sera proportionnelle au degré de fracturation et à l'absence de bancs de siltites et/ou de schistes.

IV.1.1.2. Aquifère du Cambrien

L'Aquifère du Cambrien est constitué de la Formation de Blanmont et du faciès de Jodoigne-Souveraine de la Formation de Jodoigne.

Ces unités, faites de quartzites massifs et de grès essentiellement, présentent un caractère aquifère.

IV.1.1.3. Aquifère à niveaux aquicludes du socle cambro-silurien

L'Aquifère à niveaux aquicludes du socle cambro-silurien est formé des faciès Maka et Orbais de la Fm de Jodoigne.

Ces deux faciès présentent des bancs de quartzites ou de grès, aquifères, alternant avec des bancs de schistes, aquicludes.

IV.1.1.4. Aquiclude à niveaux aquitards du socle cambro-silurien

L'Aquiclude à niveaux aquitards du socle cambro-silurien est formé du faciès Jodoigne.

Ce faciès est formé de schistes, aquicludes, alternant avec des grès et de siltites de type turbidites, aquitards.

IV.1.2. Mésozoïque

IV.1.2.1. Aquifère des craies du Crétacé

L'Aquifère des craies du Crétacé est formé de la Formation de Folx-les-Caves et des formations de Gulpen et Jauche (Groupe GJ), essentiellement crayeuses.

Les craies présentent une porosité et une perméabilité double ; de pores et de fractures (Dassargues & Monjoie, 1993) :

- * à l'échelle microscopique (quelques centimètres), la craie est un matériau compact mais poreux (porosité de 40%) qui 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 pores favorise principalement le stockage de l'eau qui peut ensuite s'écouler via les fissures ;

- * à l'échelle macroscopique (quelques dizaines de mètres), des réseaux de fissures plus ou moins fréquents sont observés. Ils augmentent de façon notable la conductivité hydraulique de la craie à cette échelle de l'ordre de 1×10^{-4} m/s. La porosité efficace (de drainage) liée aux fissures représente environ 5 % d'eau facilement mobilisable.

Le niveau induré [hardground] présent au sommet de la Formation de Gulpen, et d'extension régionale, intervient dans la dynamique de l'écoulement. Sa faible conductivité hydraulique, de l'ordre de 2×10^{-5} m/s, peut générer une discontinuité hydraulique entre la nappe de la Formation de Gulpen et celle de la Formation de Maastricht. Lorsque ce hardground est affecté de fractures, les nappes de ces deux formations sont en équilibre hydraulique.

IV.1.3. Cénozoïque

Les dépôts meubles du Cénozoïque comportent plusieurs sous-unités qui se distinguent en fonction de leur granulométrie.

IV.1.3.1. L'aquiclude des argiles du Paléocène

Il s'agit des dépôts sableux et marneux de la Formation de Heers (composante marneuse très importante et sables trop fins pour être intéressants d'un point de vue aquifère) et des argiles noires de la Formation de Ramillies. C'est un aquiclude du fait de sa très faible perméabilité.

IV.1.3.2. L'aquifère des sables du Paléocène

Il est constitué d'une base argileuse surmontée de sables glauconifères. La composante sableuse étant majoritaire, ces terrains peuvent être considérés comme aquifères. Cet aquifère est présent sur la majeure partie de la carte et affleure essentiellement dans la moitié est. Il est, avec l'Aquifère des craies du Crétacé, l'un des aquifères les plus exploités par les sociétés de distribution d'eau sur cette carte (captages de Ramillies et Jodoigne). La présence de glauconie peut entraîner la présence de fer dissous à des concentrations non-négligeables ($> 50 \mu\text{g/l}$).

IV.1.3.3. L'aquiclude-aquitard des argiles de l'Éocène

Cette unité correspond à la Formation de Tienen. On y retrouve à la fois des sables, des argiles, des marnes et des grès. Une telle hétérogénéité des composants rend difficile une classification hydrogéologique précise, le terme aquiclude-aquitard sera donc utilisé étant donné la présence d'une part importante de matériaux argileux.

IV.1.3.4. L'aquifère des sables de l'Éocène

Il est représenté ici par les Formations de Bruxelles et Sint-Huibrechts-Hern. Sa composition est généralement sableuse avec une granulométrie allant de sables fins à grossiers. On observe également quelques rares passées argileuses mais toujours une dominante sableuse. Ces deux formations sont regroupées en une unité aquifère qui est abondamment exploitée par les particuliers et agriculteurs dans la région de Jodoigne – Jauche.

IV.1.3.5. L'aquifère alluvial

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

IV.2. MASSES D'EAU

En plus de la notion d'aquifère/aquitard/aquiclude la Directive cadre sur l'Eau (Directive 2000/60/CE) a introduit un nouveau concept, celui de « **Masse d'eau souterraine** » (Fig. 9) qui peut être définie comme un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères. La délimitation précise des masses d'eau souterraine est toujours susceptible d'évoluer en fonction de l'amélioration de la connaissance de certains aquifères insuffisamment caractérisés jusqu'à présent.

La planche 40/3-4 recouvre les masses d'eau

Tableau 3 : Tableau lithostratigraphique de la carte 40/3-4 (d'après Blockmans et al., 2019).

Ere	Système	Série	Etage	Unité lithostratigraphique				Epaisseur (m)	Unité hydrogéologique Lithologie (d'après Blockmans et al., 2019)				
				GR.	Fm.	Mb.	Symb.						
CENOZOÏQUE	QUATÉNAIRE			Remblais anthropiques				X	? Nappe de remblais Remblais				
				Limon pléistocènes nivéo-éoliens				LIM	>10	Aquitard limoneux (non cartographié) Limon			
				Alluvions modernes des vallées et colluvions				AMO	?	Aquifère alluviale Limon, limon sableux, argile			
	OLIGOC.	RUPELIEN	SINT-HUIBRECHTS-HERN	Neer-repen		SHH	5 > 20	Aquitard des sables du Paléogène supérieur Sables fins, glauconifères et micacés Sables très fins argileux, très glauconifères et très micacés Parfois petits graviers à la base					
				Grim-mertingen									
	EOCÈNE	LUTET.	BRUXELLES				BXL	max 25	Aquifère des sables de l'Éocène Sables plus ou moins glauconifères, localement concrétions gréseuses. Au SE, sables plus fins un peu argileux et décarbonatés				
			YPRES.	TIENEN	Dormaal	TIE	DOR	10 > 20	Aquiclude-Aquitard des argiles de l'Éocène Sables grossiers chenalisants, lentilles de lignite, d'argile, de marne, de sable. Localement lentilles de quartzite.				
	THANETIEN	RAMILLIES								RAM	max 20		
		PALEOCÈNE	HANNUT	HANNUT				HAN	max 35			Aquifère des sables du Paléocène Sables fins plus ou moins glauconieux et parfois relativement argileux Sables très fins glauconieux carbonatés souvent silicifiés Argiles sableuses glauconieuses avec cailloutis de base à silex	
	SELANDIEN			HEERS	Gelinden		HER	GEL	~4	Aquiclude - Aquitard du Paléocène Marnes très carbonatées légèrement glauconifères en grandes lentilles entrecoupées de sables type Membre d'Orp Sables très fins glauconifères à lentilles de marne, d'épaisseur centimétrique, niveaux fossilifères et niveaux de marne vers le sommet			
		Orp			ORP								
	MESOZOÏQUE	CRÉTACE	SUPERIEUR	MAAST.		GULPEN JAUCHE	JAUCHE		GJ	JAU	~1	Aquifère des craies du Crétacé Biocalcarénite : craies grossières à lithoclastes (quartzite et quartz) Hardground Calcsiltite : craies friables avec lits de silex	
					GULPEN		GUL	≤25					
		CAMPANIEN	FOLX-LES-CAVES						FOX	≤25	Biocalcarénite graveleuse (Tuffeau jaunâtre) : craies à grains grossiers et lithoclastes de quartz, quartzite et craie indurée Conglomérat à galets de biocalcarénite, de quartzite et de schiste cimentés par une craie grossière Biocalcarénites (Tuffeau siliceux): craie à grains grossiers (quartzite et quartz) et bioclastes + niveaux à silex		
			PALEOZOÏQUE	CAMBRIEN	MOYEN	JODOIGNE						JOD	~300 > 400
	~300	Aquifère du Cambrien Faciès Jodoigne - Souveraine : quartzites massifs											
										~700 > 800	Lacune : lithologie inconnue		
	~150	Aquifère à niveaux aquiclude du Cambrien Faciès Orbais : quartzites (+ épisodiquement galets mous de schiste) en bancs décimétriques alternant avec des schistes pyriteux à petits bancs de grès											
										~400	Lacune : probablement schistes		
	~300	Aquifère à niveaux aquiclude du Cambrien Faciès Maka : quartzites massifs alternant avec des schistes pyriteux et des petits bancs de grès											
BLANMONT										BLM	>1.500		

souterraine (Fig. 9)

- (1) RWE051² : sables du Bruxellien ;
- (2) RWE053 : sables du Landénien (est) ;
- (3) RWE080 : craies du Brabant ;
- (4) RWE160 : socle du Brabant.

2 RW = Région Wallonne, E = district de l'Escaut, 051 = numéro de la masse d'eau (BE = Belgique)

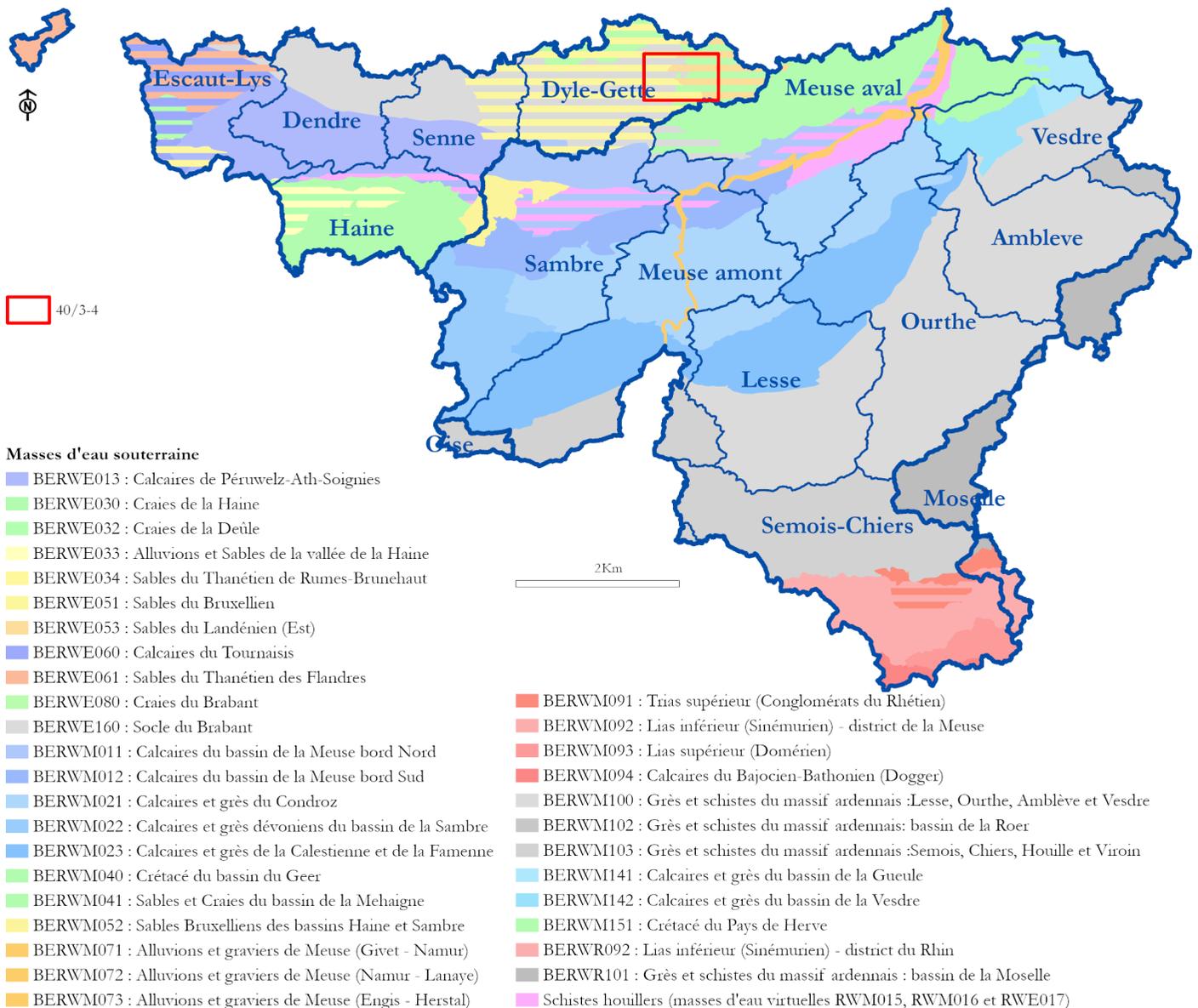


Fig.9 : Masses d'eau souterraine en Wallonie et localisation de la planche 40/3-4 (SPW ARNE, 2023)

IV.3. PHÉNOMÈNES KARSTIQUES

Ce point ne sera pas développé en détail ici, les phénomènes karstiques au sens strict étant pratiquement inexistant sur cette carte. En effet, la craie, présente dans le Bassin crétacé du Brabant, est trop peu cohérente pour donner lieu à des cavités importantes durables. Dès que naissent de tels vides, la craie sus-jacente s'y effondre. Elle ne comporte donc pas de phénomènes karstiques répertoriés sur cette carte.

Cependant, sa pureté, sa forte porosité, sa faible cohérence et sa puissance de plusieurs dizaines de mètres par endroits en font un terrain d'élection des dolines³ et des fissures (comblées par des terrains meubles sus-jacents). Ces dolines, bien que peu spectaculaires, peuvent être abondantes.

La Fig. 10 schématise les différents types de dolines. C'est principalement des dolines de dissolution et de tassement (Fig. 10, B) que l'on peut observer dans la région de Jodoigne - Jauche.

Un autre fait important est à signaler aux carrières souterraines de Folx-les-Caves où il arrive que des cavités artificielles creusées dans les tuffeaux ou la craie recoupent, à l'occasion, l'un ou l'autre micro-karst (Caubergs, 1991).

Fait unique en Belgique, les Caves Bodart recoupent un micro-karst actif. C'est ce ruisseau, fortuitement découvert et soigneusement canalisé, que l'on appelle « la mystérieuse rivière souterraine de Folx-les-Caves » (Fig. 11).



Fig.11 : Rivière souterraine passant dans les Caves Bodart à Folx-les-Caves (photo : Vincent Duseigne, patrimoine industriel, <http://www.tchorski.be>)

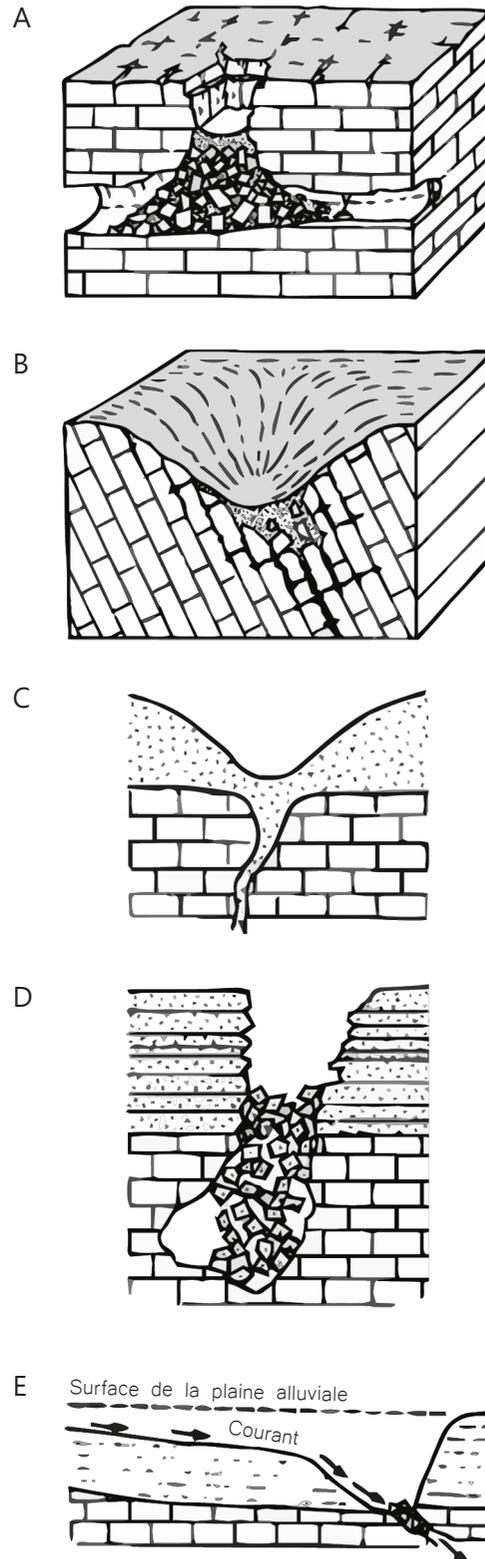


Fig.10 : Les différents types de dolines d'après Jennings (1985) (A) doline d'effondrement ; (B) doline de dissolution et de tassement , (C) doline de subsidence , (D) doline d'effondrement dans un karst ouvert ; (E) doline-perte

³ Les dolines sont des dépressions fermées de forme ronde à elliptique, généralement plus larges que profondes

IV.4. DESCRIPTION DE L'HYDROGÉOLOGIE RÉGIONALE

En raison du RGPD¹, dans les chapitres qui suivent, les ouvrages utilisés dans le cadre de cette notice seront identifiés :

- * en priorité avec leur identifiant région wallonne (IDRW) s'ils ont été encodés dans Dixsous.
- * avec leur nom s'ils appartiennent à une société de distribution publique et qu'ils n'ont pas été encodés dans Dixsous ;
- * Uniquement avec une carte de localisation s'ils appartiennent à un particulier et qu'ils n'ont pas été encodés dans Dixsous.

Cette notice est indissociable du poster, c'est pourquoi les légendes des figures reprenant de l'hydrogéologie sont minimalistes.

IV.4.1. Généralités

Le contexte hydrogéologique de la carte 40/3-4 comprend plusieurs nappes superposées depuis celle, à la base, du socle paléozoïque jusqu'à celle des limons (non cartographiés) au sommet.

Le socle paléozoïque cambrien renferme un aquifère de fissures et de fractures, peu favorable à une exploitation à large échelle, avec des gros volumes. La zone d'altération superficielle, où la roche est désagrégée, procure des débits suffisants pour satisfaire des besoins domestiques, ou même localement un usage agricole ou industriel. Dans les zones colmatées par des particules fines (siltites et schistes), au contraire, la tranche altérée du socle constitue un horizon peu perméable et un écran à la percolation des eaux retenues dans la couverture méso-cénozoïque. Les niveaux aquifères seront localisés dans les niveaux gréseux ou quartzitiques pour autant que ces derniers soient suffisamment altérés ou fissurés. Affleurant rarement, la lithologie des formations paléozoïques est difficile à préciser à l'échelle locale.

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

Les sables du Paléocènes de la Fm de Hannut constituent un bon aquifère à porosité de pores tout comme les sables de l'Éocène (Fm de Bruxelles).

Les sables de l'Oligocène (Fm de Sint-Huibrechts-Hern),

plus fins globalement que les sables paléocènes et éocènes seront moins bons en termes de perméabilité et plus vulnérables puisque les plus superficiels (sous les limons éventuels).

Les limons, tout comme les sables oligocènes, ne constituent pas un bon aquifère mais leur grande extension latérale, leur épaisseur non négligeable à certains endroits et leur faible conductivité hydraulique font qu'ils jouent un rôle de filtre pour les eaux météoriques s'infiltrant vers les nappes sous-jacentes.

Les alluvions modernes des cours d'eau forment des aquifères locaux.

Les formations géologiques de la carte Jodoigne – Jauche qui présentent les plus grandes potentialités aquifères sont les sables éocènes et paléocènes, les craies et tuffeaux crétacés et, localement, le socle cambrien.

IV.4.2. Piézométrie

IV.4.2.1. Aquifère du Cambrien

Aux environs du captage de Ramillies (Fig. 12), certains ouvrages de la SWDE sont crépinés² dans les quartzites du socle cambro-silurien. C'est le cas des ouvrages **9071**, **35671** et **35673**.

Entre juillet 2008 et septembre 2009, la nappe contenue dans ces quartzites se situait à maximum 2 m de profondeur au niveau du puits **35671** (Fig. 13). Les variations du niveau y étaient de moins de 1 m. L'ouvrage **35673** montrait un niveau d'eau à 1,6 m pour une cote altimétrique de 122,5 m le 05/07/06. L'ouvrage **9071** était artésien³ lors de chaque visite effectuée.



Fig.12 : Localisation des ouvrages **9071**, **35671** et **35673** crépinés dans les quartzites du socle cambro-silurien

² La crépine est la partie du tubage d'un puits foré qui est perforée. Il a pour fonction de permettre le passage de l'eau à un niveau de l'aquifère bien défini.

³ Un puits artésien est un puits où l'eau souterraine jaillit au dessus de la surface du sol.

¹ Règlement Général sur la Protection des Données

Les cotes isohypses⁴ du toit des quartzites et les cotes piézométrique (Tableau 4) montrent que la nappe des quartzites dans cette zone est captive sous les argiles de la base de l'Aquifère des sables du Paléocène.

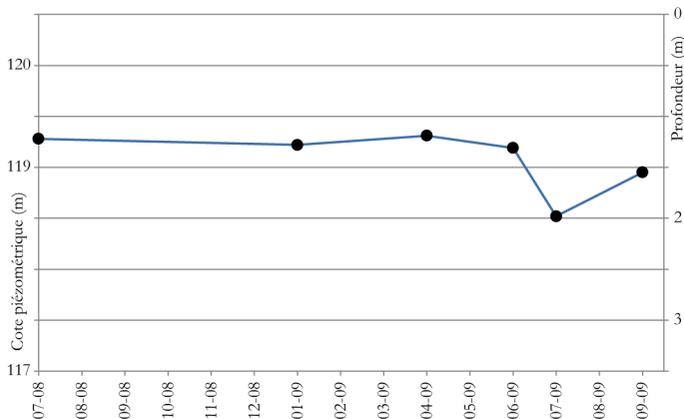


Fig.13 : Cotes piézométriques de la nappe du socle relevées dans l'ouvrage 35671 entre juillet 08 et septembre 09

IV.4.2.2. Aquifère des craies du Crétacé

Des cotes piézométriques ont été relevées sur trois puits sollicitant la nappe des craies du Crétacé : JANDRAIN P4 (Fig. 14), 36212 (Fig. 16) et 3016 (Fig. 17). Les deux premiers présentent respectivement un niveau d'eau à :

- * 16,7 m de profondeur le 10/07/09, soit une cote piézométrique de 93,6 m ;
- * 2,1 m de profondeur le 10/07/09, soit une cote de 117,9 m.

Tableau 4 : Cotes isohypses du toit des quartzites du socle cambro-silurien, altitudes et cotes piézométriques des ouvrages 9071, 35671, 35673

IDRW Ouvrage	Altitude (m) ouvrage	Altitude (m) Toit des quartzites	Cote piézométrique (m)
9071	119	115	>119
35671	120	113	>118
35673	124	117	>122

Le puits 3016 a fait l'objet de mesures régulières de 1985 à 1988 (Fig. 15). Les données mettent en évidence des variations saisonnières faibles du niveau de la nappe, de l'ordre de 0,5 m.

4 Une isohypse est une ligne qui joint des points d'altitude égale. Une cote isohypse est un point sur une ligne isohypse. Isohypses et cotes isohypses permettent de définir l'altitude ou le relief d'une surface qui n'est pas celle de la surface terrestre.



Fig.14 : Localisation de JANDRAIN P4 crépiné dans l'Aquifère des craies du Crétacé

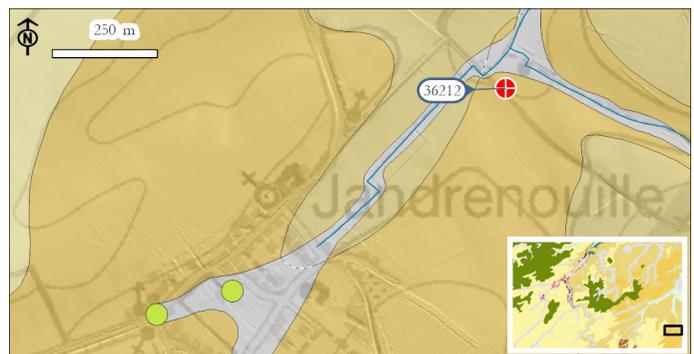


Fig.16 : Localisation de l'ouvrage 36212 crépiné dans l'Aquifère des craies du Crétacé

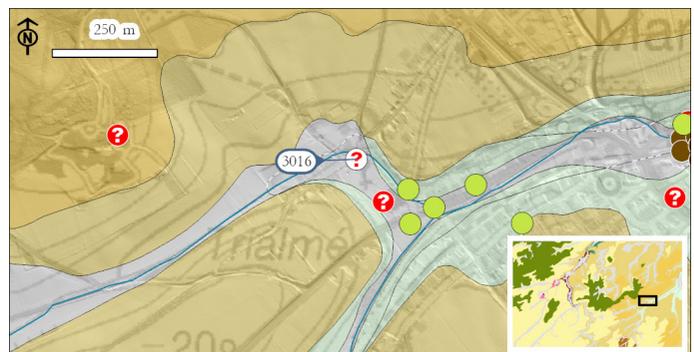


Fig.17 : Localisation du piézomètre 3016 crépiné dans l'Aquifère des craies du Crétacé

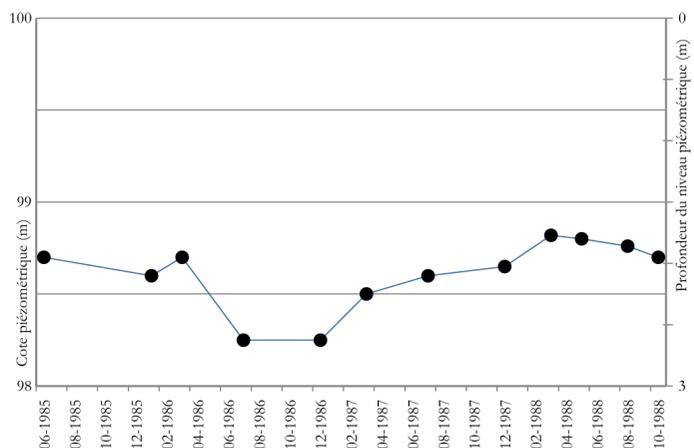


Fig.15 : Évolution piézométrique, de 1985 à 1988, du puits 3016 crépinés dans l'Aquifère des craies du Crétacé

IV.4.2.3. Aquifère des sables du Paléocène

Cet aquifère est abondamment exploité pour la distribution publique sur la carte Jodoigne – Jauche notamment au niveau des captages de Mont-Saint-André et de Jodoigne.

A Mont-Saint-André, les piézomètres **51175** et **51176** crépinés dans l’Aquifère des sables du Paléocène (Fig. 18) ont fait l’objet de mesures régulières durant l’année 2009 ainsi que d’une mesure ponctuelle en 2006. Les résultats de ces mesures (Fig. 19) montrent des variations saisonnières jamais supérieures à 1 m.

A Jodoigne, les ouvrages **97876** et **97881** (Fig. 20), forés en vue de la protection du captage **2547**, sont crépinés dans l’Aquifère des sables paléocènes. Les résultats de mesures régulières effectuées en 2009 ainsi que de mesures ponctuelles en 2005 et 2006

sont présentés à la Fig. 21. Ces derniers ne montrent pas de variations saisonnières supérieures à 1 m. On ne constate pas non plus de changements majeurs du niveau de la nappe par rapport à 2005-2006, exception faite du puits **97876**, le plus proche du captage, qui montre une baisse de l’ordre de 6 m en 2009 par rapport à 2006. Cette diminution pourrait s’expliquer par un rabattement plus important de la nappe provoqué par une exploitation plus intensive en 2009 par le puits **2547**.

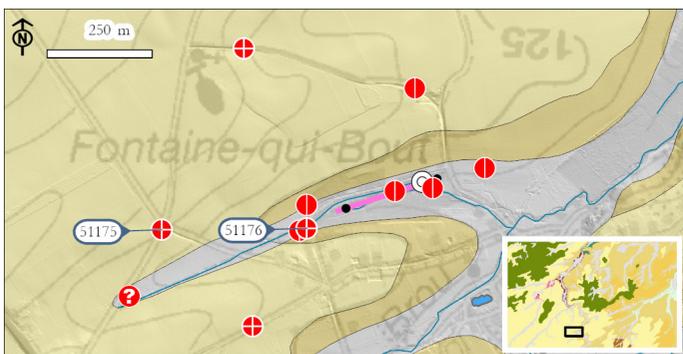


Fig.18 : Localisation des piézomètres **51175** et **51176** à Mont-Saint-André crépinés dans l’Aquifère des sables du Paléocène

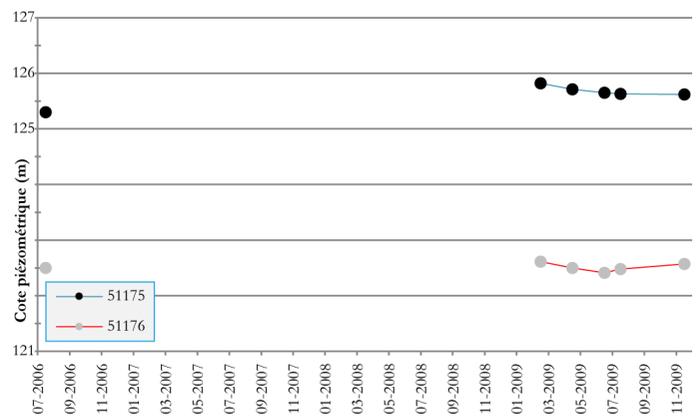


Fig.19 : Cotes piézométriques des piézomètres **51175** et **51176** à Mont-Saint-André, de en 2006 et 2009, crépinés dans l’Aquifère des sables du Paléocène



Fig.20 : Localisation des ouvrages **2547**, **97876** et **97881** crépinés dans l’Aquifère des sables du Paléocène

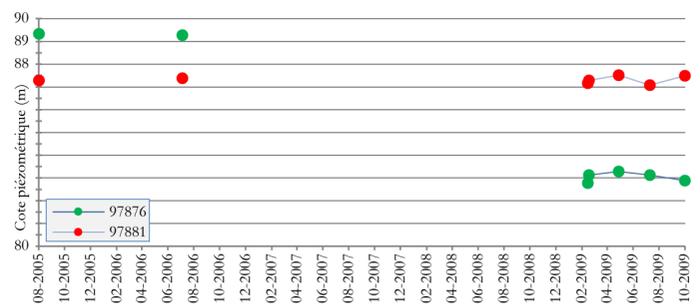


Fig.21 : Évolution piézométrique des ouvrages **97876** et **97881** Jodoigne de 2005 à 2009 crépinés dans l’Aquifère des sables du Paléocène

IV.5. COUPE HYDROGÉOLOGIQUE

Afin de mieux visualiser et comprendre la structure géologique et le comportement des nappes sur la carte Jodoigne – Jauche, les coupes de la carte géologiques aa' et bb' ont été transposées et aménagées en termes hydrogéologiques.

La coupe aa' est orientée NW-SE et s'étend de Jodoigne à Jauche. La coupe bb' est nord-sud et passe par Orp-le-Grand, à l'extrême est de la carte (Fig. 22).

La coupe traverse successivement des terrains sub-horizontaux céno et mésozoïques reposant en discordance sur le socle paléozoïque cambro-silurien. Les terrains tabulaires de la couverture pendent légèrement vers le nord.

Ces coupes mettent en évidence la disparition progressive de l'Aquifère des craies du Crétacé et de l'Aquiclude-Aquitard des argiles du l'Éocène vers le NW. Cette dernière unité joue un rôle dans la compartimentation hydraulique entre les aquifères sableux éocène et paléocène et donné lieu à la création de nappes perchées dans les sables éocènes.

Au NW, les sables éocènes et paléocènes sont en continuité hydraulique, ils forment donc une nappe commune et libre. Ce même phénomène s'observe à l'est avec les craies du Crétacé et les sables du Paléocène

suite à l'absence de l'Aquiclude-Aquitard du Paléocène.

Les cours d'eau constituent les exutoires des nappes en contact avec le réseau hydrographique, imposent les niveaux de base et donc les sens d'écoulement souterrains.

IV.6. CARACTÈRE LIBRE, SEMI-CAPTIF, CAPTIF DES NAPPES ET ARTÉSIANISME

IV.6.1. Définitions

Différents types d'aquifères (Fig. 23) peuvent être définis (Poehls & Smith, 2009) :

- * **Aquifère non confiné** : aquifère dont le toit n'est pas limité par un aquitard ou un aquiclude (Fig. 23, aquifère 1). Il contient une nappe libre. La surface piézométrique de cette nappe est libre de fluctuer. Le niveau piézométrique se situe sous le toit de l'aquifère et correspond à la limite supérieure de la zone saturée en eau de l'aquifère ;
- * **Aquifère confiné** : aquifère dont le toit est limité par un aquiclude (Fig. 23, aquifère 2 et 3). La plupart du temps la nappe qu'il contient est sous pression. La nappe est alors dite captive. Leur surface piézométrique correspond au toit de l'aquifère mais leur niveau piézométrique (Fig. 23, H2 et H3) se situe au dessus du toit de l'aquifère. Il n'y a pas de circulation verticale

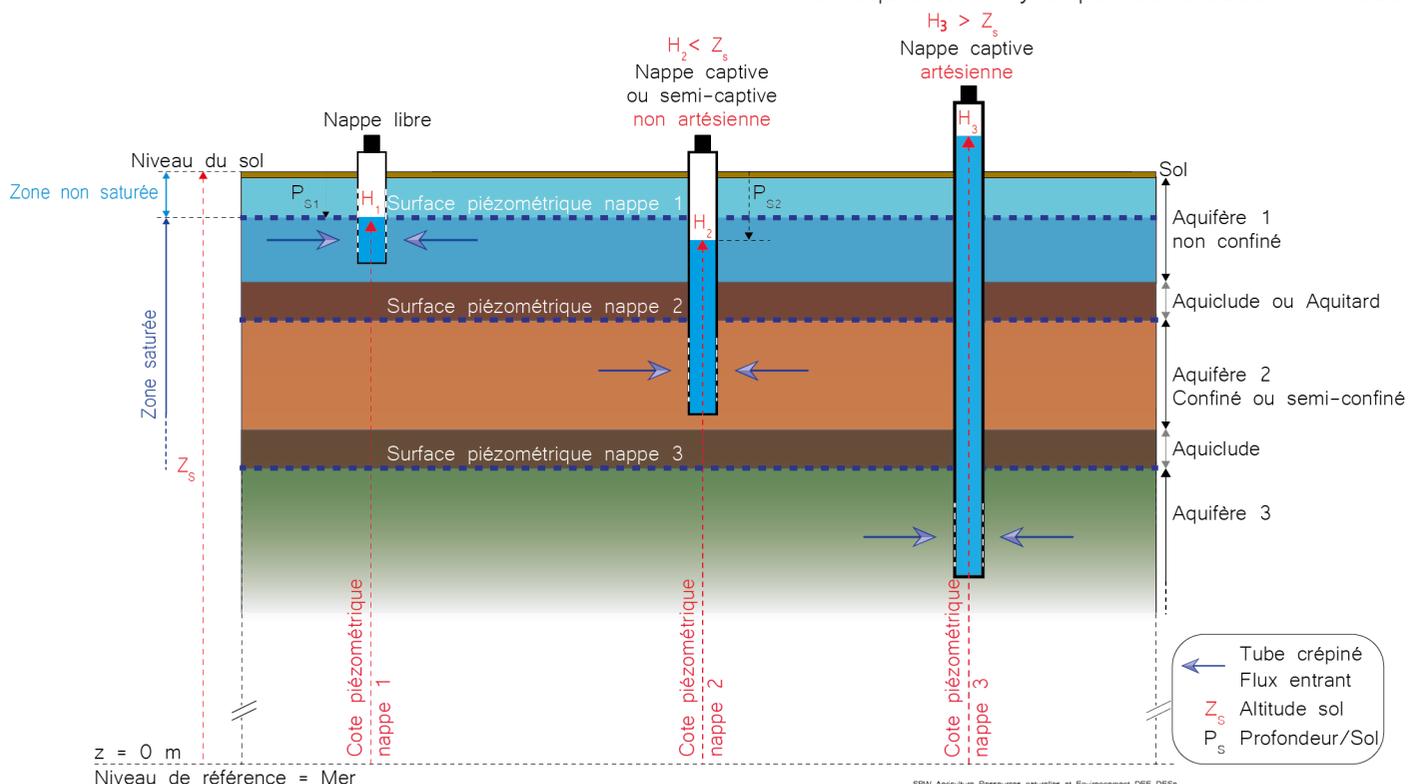


Fig. 23 : Schéma illustrant le degré de captivité d'une nappe et le phénomène d'artésianisme

d'eau (drainance) entre les aquifères ;

- * **Aquifère semi-confiné** : aquifère dont le toit est limité par un aquitard (Fig. 23, aquifère 2). Le degré de confinement varie en fonction de la perméabilité de l'aquitard. La nappe qu'il contient est sous pression mais moins que celle d'un aquifère confiné à nappe captive. Elle est dite semi-captive. Leur surface piézométrique correspond au toit de l'aquifère et les cotes piézométriques relevées (Fig. 23, H2 et H3) se situeront au dessus du toit de l'aquifère. Il peut y avoir une circulation verticale d'eau (drainance) entre les aquifères mais limitée.

IV.6.2. Aquifères importants de la carte

Les aquifères de la couverture cénozoïque sont, ici, des terrains tabulaires ; l'aquifère superficiel n'est donc jamais confiné et les aquifères sous-jacents ne seront confinés que si une couche peu perméable (aquitard / aquiclude) les recouvre.

La nappe de l'**Aquifère des sables de l'Éocène** est libre sur l'ensemble de la carte, abstraction faite de la couverture limoneuse superficielle peu perméable et des alluvions modernes qui peuvent rendre cet aquifère confiné très localement dans les fonds de vallée.

L'**Aquifère des sables du Paléocène** est localement surmonté par l'Aquiclude-Aquitard des argiles de l'Éocène ou vers le sud par l'Aquiclude des argiles du Paléocène. Un caractère captif à semi-captif de la nappe des sables paléocènes pourrait donc être observé. Ailleurs, la nappe de cet aquifère est libre.

La nappe de l'**Aquifère des craies du Crétacé** est captive sous la base argileuse de l'Aquifère des sables du Paléocène à l'exception des fonds de vallée qui atteignent la craie, à l'est de la carte notamment, où la nappe sera libre.

La nappe de l'**Aquiclude-Aquitard-Aquifère du socle cambro-silurien** est en continuité hydraulique avec l'Aquifère du Crétacé mais, lorsque ce dernier est absent (voir coupe Fig. 22, p. 28), semi-captive à captive sous la base argileuse de la Formation de Hannut (Aquifère des sables du Paléocène) ou, si elle est présente, sous la Formation de Heers (Aquiclude-Aquitard du Paléocène).

V. CADRE HYDROCHIMIQUE

Ce chapitre reprend les données existantes dans la base de données physico-chimiques des captages d'eau souterraine CALYPSO) du SPW-DEE-DESO, les sociétés publiques de distribution d'eau et/ou publiés à l'occasion d'études particulières (protection des captages, etc.). A partir des données disponibles, il a été possible de caractériser du point de vue hydrochimique les unités hydrogéologiques suivantes :

- * l'Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien ;
- * l'Aquifère des craies du Crétacé ;
- * l'Aquifère des sables du Paléocène.

Les analyses chimiques présentées dans les paragraphes suivants ont été réalisées sur des eaux brutes, non encore traitées en vue de leur consommation.

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

V.1. CARACTÉRISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

V.1.1. Aquifère du Cambrien

Des analyses hydrochimiques (Tableau 5) pour l'Aquifère du Cambrien sont disponibles grâce à l'ouvrage 6440 (Fig. 24).

L'eau de cet ouvrage présente une minéralisation légèrement plus faible que les autres aquifères de la carte. Elle est dure (32 °F), a une conductivité moyenne (664 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et un pH légèrement basique (8,08). Aucun dépassement des normes de potabilité n'a été constaté.

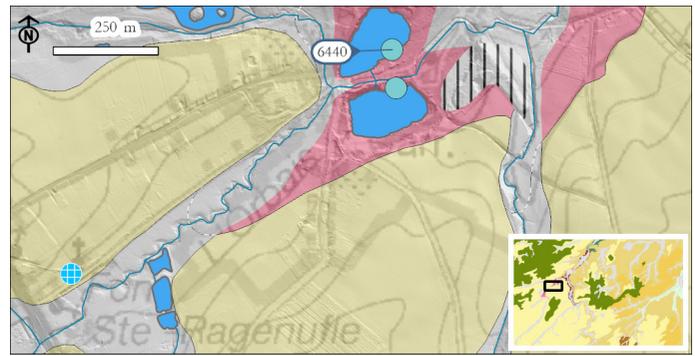


Fig.24 : Situation de L'ouvrages 6440 crépinés dans l'Aquifère du socle cambro-silurien

Tableau 5 : Analyse chimique (2008) du puits 6440 crépiné dans l'Aquifère du Cambrien

Paramètres	Unités	Norme	IDRW 6440
Profondeur	m		Inconnue
Date d'analyse			06/02/2008
pH	unité pH	6,5 à 9,45	8,08
Conductivité électrique	$\mu\text{S}/\text{cm}$	2500	664
Dureté totale (TH)	°F	67,5	32
Aluminium	$\mu\text{g}/\text{l Al}$	200	5
Calcium	$\text{mg}/\text{l Ca}$	270	105,5
Sodium	$\text{mg}/\text{l Na}$	200	22,2
Potassium	$\text{mg}/\text{l K}$	-	5,8
Magnésium	$\text{mg}/\text{l Mg}$	50	16,8
Fer (total dissous)	$\mu\text{g}/\text{l Fe}$	200	0
Manganèse	$\mu\text{g}/\text{l Mn}$	50	1
Chlorures	$\text{mg}/\text{l Cl}$	250	53
Nitrates	$\text{mg}/\text{l NO}_3$	50	16
Nitrites	$\text{mg}/\text{l NO}_2$	0,5	0,01
Ammonium	$\text{mg}/\text{l NH}_4$	0,5	0,03
Phosphates	$\mu\text{g}/\text{l PO}_4$		0,03
Sulfates	$\text{mg}/\text{l SO}_4$	250	78
Alcalinité totale (TAC)	°F		20,8

V.1.2. Aquifère des craies du Crétacé

Le profil hydrochimique de l'eau de l'Aquifère des craies du Crétacé est présenté via les analyses chimiques (Tableau 6) des ouvrages 3337 (Fig. 25) et 6880 (Fig. 26).

L'eau de ces ouvrages est de type bicarbonaté calcique, de dureté élevée (42-43 °F), de pH neutre ou légèrement basique (7,2) et de conductivité électrique moyenne (736-749 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Les teneurs en nitrates, 17,8 et 32 mg/l sont significative d'une perturbation anthropique. Les teneurs en sulfates sont moyennement élevées (73-78 mg/l).

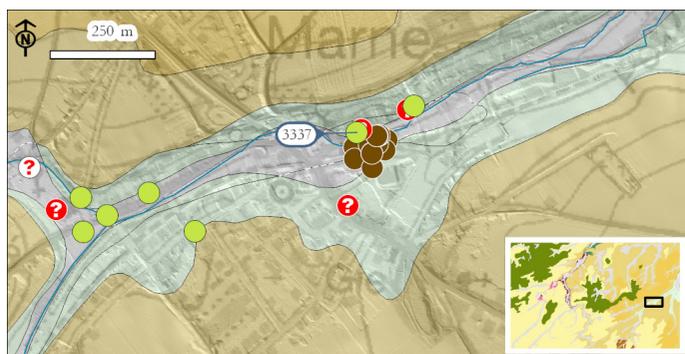


Fig. 25 : Localisation du puits 3337 crépiné dans l'Aquifère des craies du Crétacé.

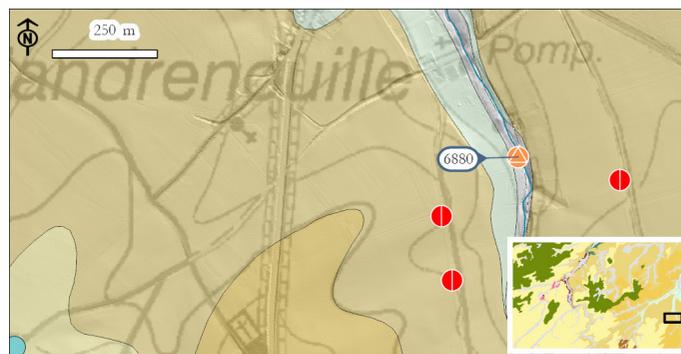


Fig. 26 : Localisation de la galeries 6880 sollicitant la nappe de l'Aquifère des craies du Crétacé.

Tableau 6 : Analyses chimiques des ouvrages 3337 et 6880 sollicitant la nappe de l'Aquifère des craies du Crétacé.

Paramètres	Unités	Norme	IDRW 6880	IDRW 3337
Profondeur	m		/	Inconnue
Date de prélèvement			19/11/2012	25/06/1998
pH	unité pH	6,5 à 9,45	7,2	7,2
Conductivité électrique	$\mu\text{S}/\text{cm}$	2500	749	736
Dureté totale (TH)	$^{\circ}\text{F}$	67,5	42,4	43,3
Aluminium	$\mu\text{g}/\text{l Al}$	200	5	1
Calcium	$\text{mg}/\text{l Ca}$	270	149	150
Sodium	$\text{mg}/\text{l Na}$	200	10,3	13,8
Potassium	$\text{mg}/\text{l K}$		2,5	2,5
Magnésium	$\text{mg}/\text{l Mg}$	50	12,8	15,8
Fer (total dissous)	$\mu\text{g}/\text{l Fe}$	200	12	86
Manganèse	$\mu\text{g}/\text{l Mn}$	50	0,2	2
Chlorures	$\text{mg}/\text{l Cl}$	250	48,1	41,5
Nitrates	$\text{mg}/\text{l NO}_3$	50	32	17,8
Nitrites	$\text{mg}/\text{l NO}_2$	0,5	0	0
Ammonium	$\text{mg}/\text{l NH}_4$	0,5	0	0
Phosphates	$\mu\text{g}/\text{l PO}_4$		0,08	0,02
Sulfates	$\text{mg}/\text{l SO}_4$	250	72,9	78,2
Alcalinité totale (TAC)	$^{\circ}\text{F}$		36,5	39,4

V.1.3. Aquifère des sables du Paléocène

Pour l'Aquifère des sables de l'Éocène, des analyses chimiques (Tableau 7) sont disponibles pour les ouvrages 1267 (Fig. 27), 2547 (Fig. 28), 20593 (Fig. 29) et 399 (Fig. 30).

Les résultats montrent des eaux de type bicarbonaté calcique, de pH légèrement basique ($\sim 7,2$) et de conductivités moyennes (700–800 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Les chlorures sont souvent présents en concentrations assez élevées (~ 50 – 90 mg/l) ainsi que les sulfates (67–87 mg/l). Des teneurs importantes en nitrates sont observées (8,5–59 mg/l) et peuvent dépasser la norme de potabilité.



Fig.28 : Localisation du puits 2547 crépiné dans l'Aquifère des sables du Paléocène.

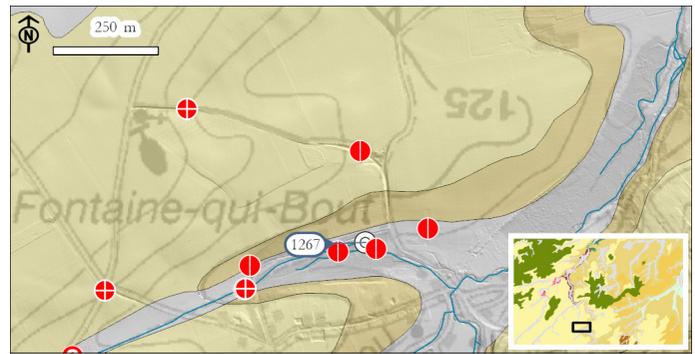


Fig.27 : Situation du drain 1267 sollicitant la nappe de l'Aquifère des sables du Paléocène.

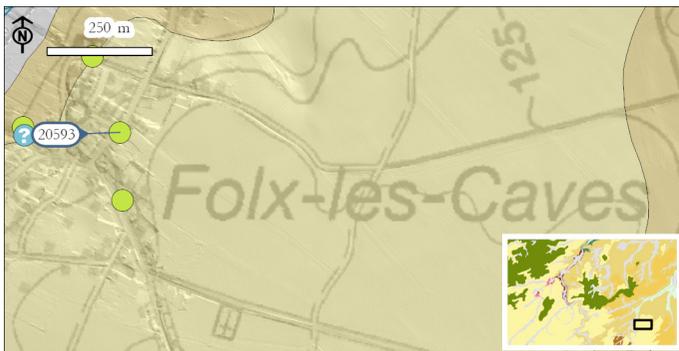


Fig.29 : Localisation du puits 20593 crépiné dans l'Aquifère des sables du Paléocène.

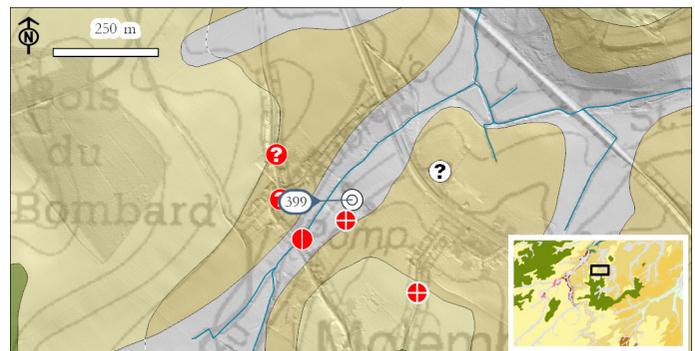


Fig.30 : Localisation du drain 399 sollicitant la nappe de l'Aquifère des sables du Paléocène.

Tableau 7 : Analyses chimiques de l'eau des ouvrages 1267, 399, 2547 et 20593 sollicitant la nappe de l'Aquifère des sables du Paléocène.

Paramètres	Unités	Norme	IDRW 1267	IDRW 399	IDRW 2547	IDRW 20593
Profondeur	m		Drain	Drain	16,3	17
Date analyse			19/11/2012	04/09/2012	15/05/2012	29/01/2013
pH	unité pH	6,5 à 9,45	7,14	7,17	7,09	7,31
Conductivité électrique	µS/cm	2500	779	798	737	745
Dureté totale (TH)	°F	67,5	43,2	45,2	39,6	21,3
Aluminium	µg/l Al	200	6	18	4	<20
Calcium	mg/l Ca	270	147	154	137	148
Sodium	mg/l Na	200	13,8	10,4	13,3	10
Potassium	mg/l K		1,1	1,2	3	1,1
Magnésium	mg/l Mg	50	15,9	16,6	13	15,7
Fer (total dissous)	µg/l Fe	200	10	9	20	30
Manganèse	µg/l Mn	50	1	0,6	1,8	<1
Chlorures	mg/l Cl	250	52,5	49,4	56,5	41
Nitrates	mg/l NO ₃	50	48,2	39,9	28,8	28
Nitrites	mg/l NO ₂	0,5	0	0	0,05	0
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	0	0	0	0,05
Phosphates	µg/l PO ₄		0	0,01	0,01	0,33
Sulfates	mg/l SO ₄	250	85,4	90,7	108,3	83
Alcalinité totale (TAC)	°F		26,4	30,7	31,4	28,7

V.1.4. Commentaires

Le diagramme de la Fig. 31 est la classification hydrochimique des eaux souterraines d'après Piper (1944) dans lequel ont été projetées les analyses discutées plus haut (Fig. 32).

Ces dernières se situent dans les eaux de type bicarbonaté calcique avec une tendance chlorurées et sulfatées pour les eaux du socle cambro-silurien et du drain 1267 sollicitant les sables du Paléocène.

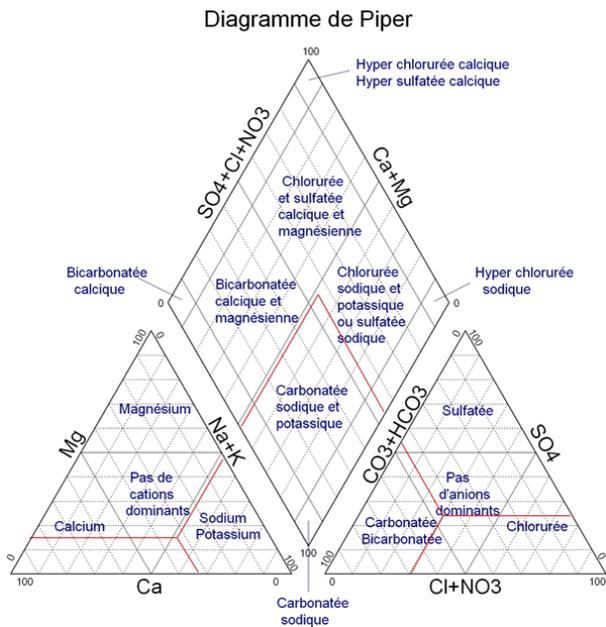


Fig. 31 : Les différents faciès hydrochimiques selon Piper (1944)

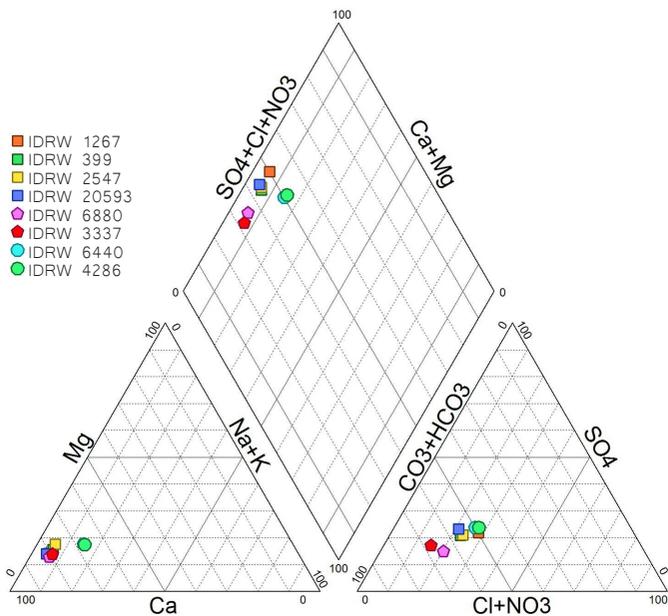


Fig. 32 : Projection dans le diagramme de Piper des eaux analysées sur la carte Jodoigne - Jauche.

V.2. PROBLÉMATIQUE DES NITRATES

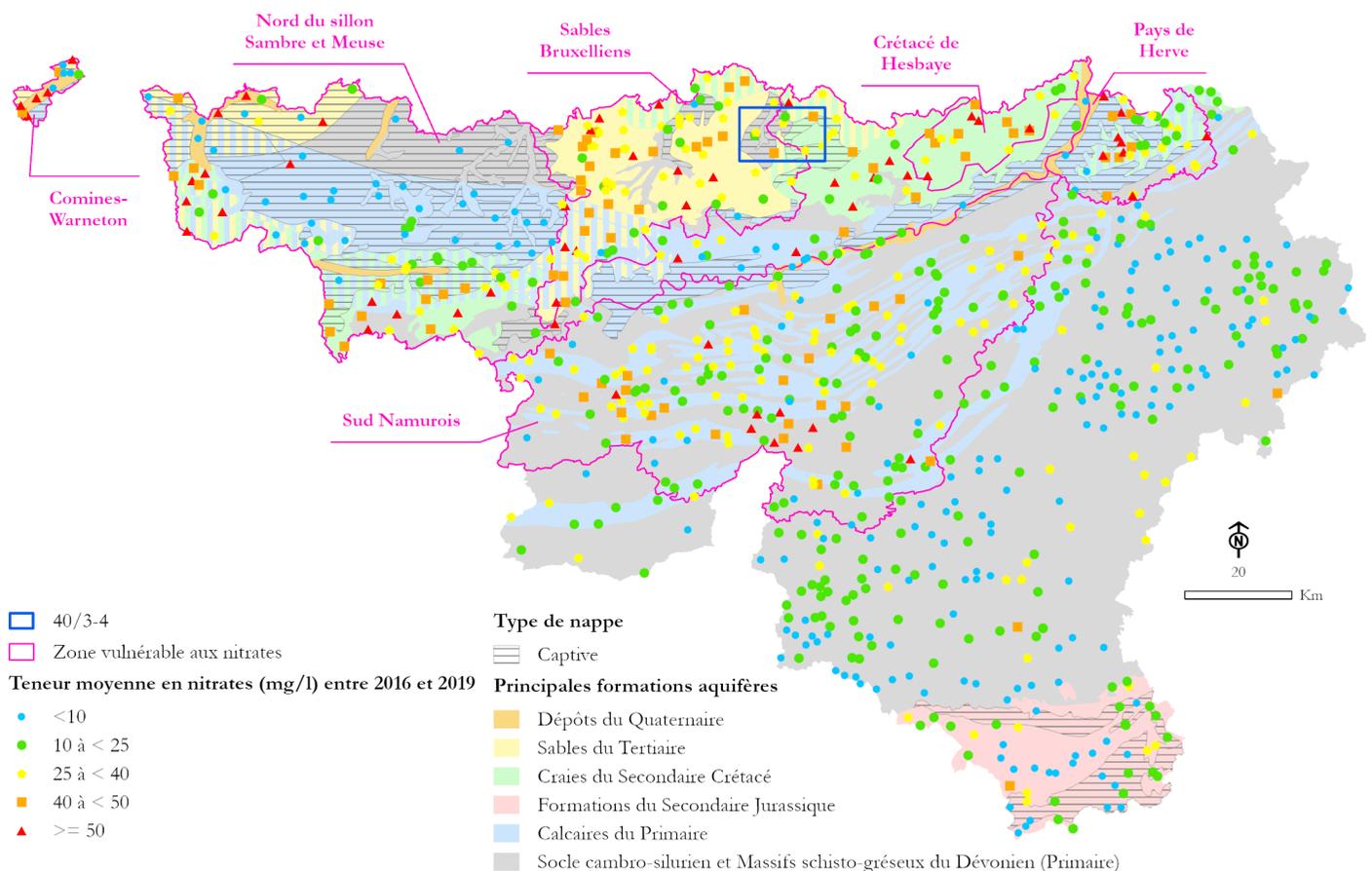
Les nitrates font depuis plusieurs années l'objet de contrôles réguliers de la part des sociétés de distribution d'eau. La norme de potabilité européenne est de 50 mg de NO₃ par litre d'eau au maximum. Pour protéger les eaux de surface et souterraines de la pollution par les nitrates, six « zones vulnérables » ont été délimitées par arrêtés ministériels (Fig. 33).

A l'intérieur de celles-ci l'application d'un programme d'actions précis, dont les mesures ont été arrêtées dans le Programme de Gestion Durable de l'Azote en agriculture (PGDA)¹, vise à atteindre une meilleure gestion des nitrates. Par ailleurs, un réseau de surveillance a été mis en place par le SPW afin de suivre l'évolution de leurs teneurs en nitrates et d'évaluer de manière cohérente et complète l'état des ressources en eau souterraines (SPW-DEE_DESO, 2015).

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

La carte Jodoigne – Jauche est quant à elle, située à cheval sur les zones vulnérables dites des « Sables bruxelliens » et du « Nord du sillon Sambre-et-Meuse » (Fig. 33).

Des chroniques de concentrations en nitrates sont disponibles pour l'Aquifère des craies du Crétacé et pour l'Aquifère des sables de l'Éocène.



Données générales extraites de la base de données géographiques de référence SPW Environnement - Direction de la Coordination des données & Direction des Eaux souterraines - Mars 2022

Fig.33 : Zones vulnérables aux nitrates arrêtées en Wallonie et concentrations moyennes en nitrates de 2016 à 2019 sur les ouvrages du réseau de surveillance du Service Public de Wallonie. Localisation de la carte de Jodoigne – Jauche (SPW ARNE-DESO 2022).

¹ Livre II du Code de l'Environnement contenant le Code de l'Eau, Version Coordonnée, arrêté par le Gouvernement Wallon – articles R188 à R232. <http://environnement.wallonie.be/legis/Codeenvironnement/codeeaucoordonne.htm>. Le site www.nitrawal.be peut également être consulté.

V.2.1. Aquifères du Cambrien

Plusieurs ouvrages sollicitant la nappe de l'Aquifère du Cambrien sont ou ont été suivis au niveau des nitrates.

L'ouvrage **251** (Fig. 34) fait l'objet d'un suivi depuis 2007 (Fig. 35). La concentration en nitrates, sur cette période, est clairement à la baisse depuis 2007 où elle se situait autour de 15 mg/l. En 2022 elle se situait sous les 10 mg/l.

L'ouvrage **6440** (Fig. 36) montre des concentrations en nitrates globalement comprises entre 10 et 15 mg/l entre 1994 et 2003 (Fig. 37), puis autour de 15 mg/l jusqu'en 2008. Depuis lors, la tendance semble à la baisse, du moins jusqu'en 2016.

L'ouvrage **6989**, situé au nord de Jodoigne à fait l'objet de mesures ponctuelles depuis 2010 (1x/an en générale). La concentration en nitrates mesurée est toujours inférieure à 1 mg/l exceptés en 2018 où un pic à 13,7 mg/l a été relevé.

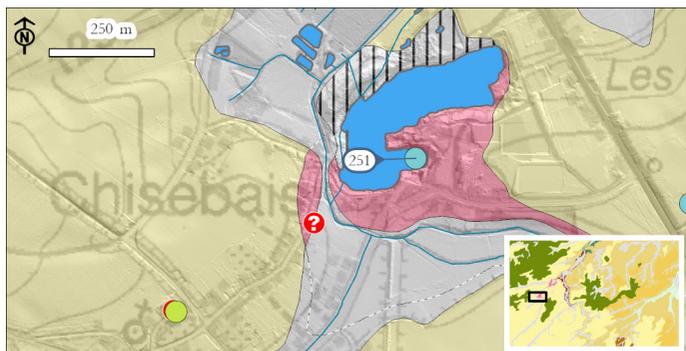


Fig. 34 : Localisation de l'ouvrage 251 crépiné dans l'Aquifère du Cambrien

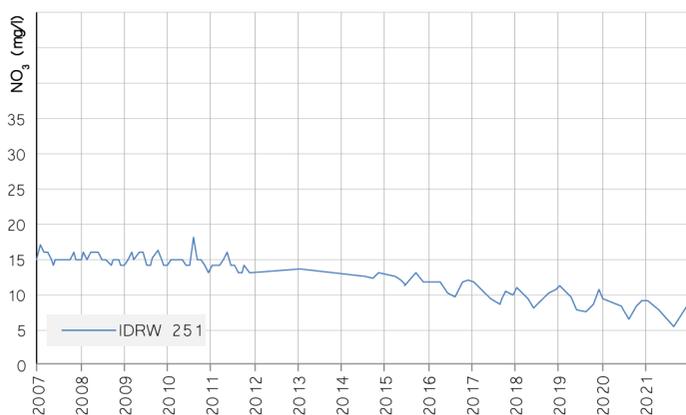


Fig. 35 : Évolution de 2007 à 2022 de la concentration en nitrates de l'ouvrage 251 crépiné dans l'Aquifères du Cambrien

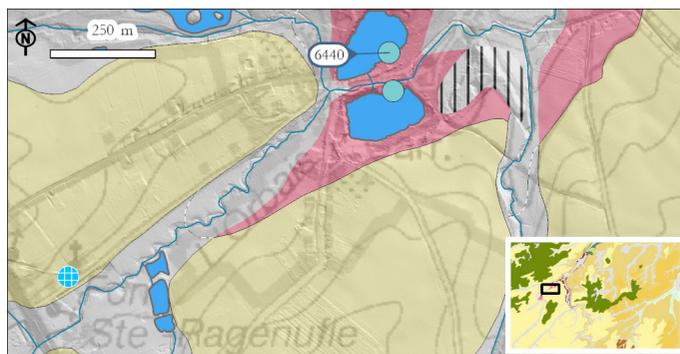


Fig. 36 : Localisation de l'ouvrage 6440 sollicitant l'Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien

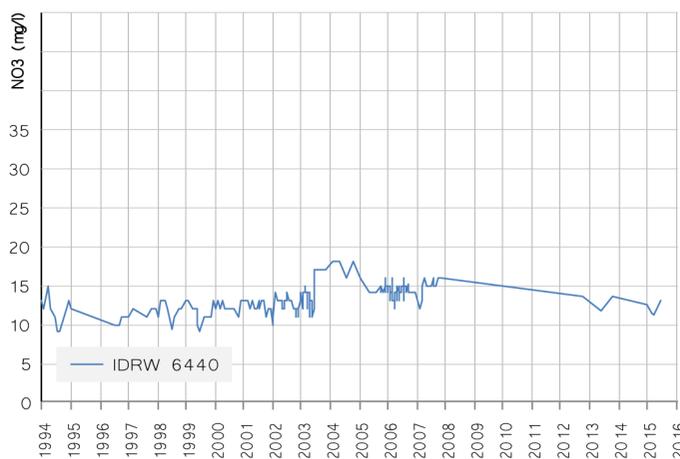


Fig. 37 : Évolution de 1994 à 2016 de la concentration en nitrates de l'ouvrage 6440 crépiné dans l'Aquifère du Cambrien

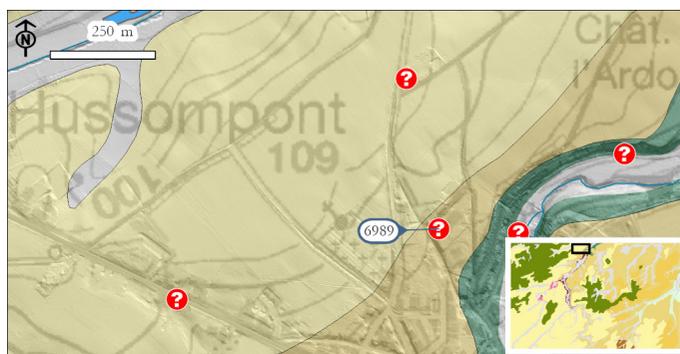


Fig. 38 : Localisation de la galerie 6989 crépiné dans l'Aquifère du Cambrien

V.2.2. Aquifère des craies du Crétacé

La galerie **6880** (Fig. 39) fait l'objet d'analyses en nitrates depuis 1998 (Fig. 40). Bien que les concentrations ne montrent aucun dépassement de la norme de potabilité des 50 mg/l, les données montrent que la tendance est à la hausse globalement depuis 1996. En 2022, la concentration atteignait les 35 mg/l.



Fig.39 : Localisation de la galerie **6880** crépiné dans l'Aquifère des craies du Crétacé.

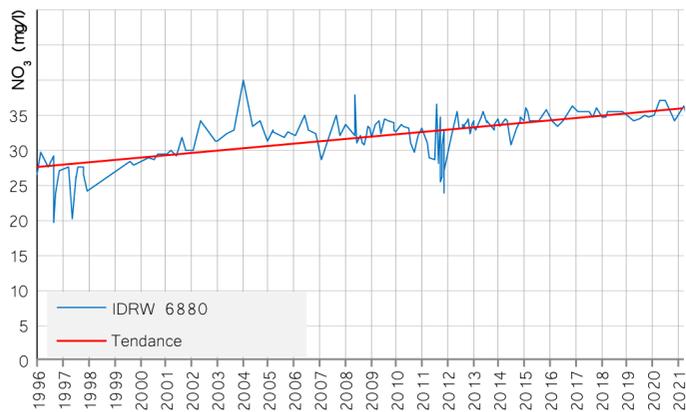


Fig.40 : Évolution de 1996 à 2021 de la concentration en nitrates de la galerie **6880** crépiné dans l'Aquifère des craies du Crétacé.

V.2.3. Aquifère des sables de Paléocène

A Jodoigne, les captages **399** et **2547** disposent de chroniques en nitrates de 1994 à 2022.

Ces deux captages, bien que n'ayant jamais dépassés la norme de potabilité des 50 mg/l, présentent des concentrations en nitrates relativement importantes :

- * le puits **2547** (Fig. 41) présente une concentration en nitrates assez variable (Fig. 42), mais à la hausse de 1994 à 2007 environ, passant de moins de 15 mg/l à plus de 25 mg/l, voire 30 à 45 mg/l. Une stabilisation s'opère entre les années 2007 et 2017 autour de 25-30 mg/l. Entre 2018 et 2021 la concentration baisse jusqu'à 5 mg/l mais depuis 2021 les concentrations sont remontées pour atteindre les 20-25 mg/l environs ;
- * pour le drain **399** (Fig. 43) les concentrations maximums sont observées en 2012-2013 avec des valeurs supérieures à 45 mg/l (Fig. 44). Depuis lors, ces dernières baissent lentement. Elles étaient entre 35 et 40 mg/l en 2022, ce qui reste des valeurs élevées.



Fig.41 : Localisation du puits **2547** crépiné dans l'Aquifère des sables du Paléocène.

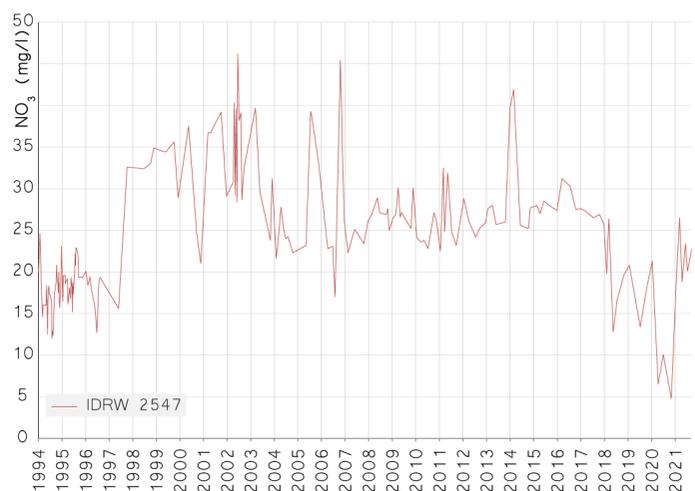


Fig.42 : Évolution de 1994 à 2022 de la concentration en nitrates du puits **2547** crépiné dans l'Aquifère des sables du Paléocène.

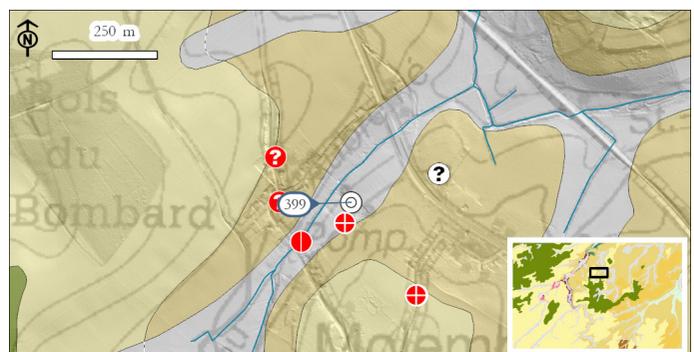


Fig.43 : Localisation du drains **399** crépiné dans l'Aquifère des sables du Paléocène.

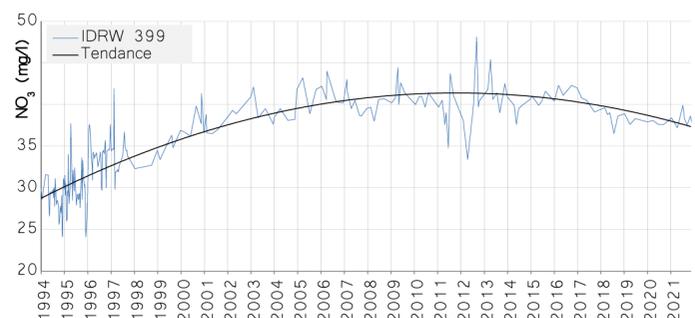


Fig.44 : Évolution de 1994 à 2022 de la concentration en nitrates de l'ouvrage **399** crépiné dans l'Aquifère des sables du Paléocène.

V.2.4. Aquifère des sables de l'Éocène

La source **20005** située à Incourt (Fig. 45) draine la nappe de l'Aquifère des sables de l'Éocène et fait l'objet d'un suivi des nitrates depuis 1993 (Fig. 46).

Depuis cette date, la concentration en nitrates est restée relativement constante et élevée, entre 30 et 40 mg/l. Aucun dépassement de la norme des 50 mg/l n'a été constaté.



Fig. 45 : Localisation de la source **20005** drainant la nappe de l'Aquifère des sables du Éocène.



Fig. 46 : Évolution de 1993 à 2022 de la concentration en nitrates de la source **20005** drainant la nappe de l'Aquifère des sables du Éocène.

V.3. QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE

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

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

Les paramètres bactériologiques de quelques ouvrages de la carte Jodoigne – Jauche sont présentés au [Tableau 8](#). Les résultats montrent que les contaminations bactériologiques touchent surtout les nappes d'aquifères superficiels (sables de l'éocène et paléocènes), plus sensibles aux contaminations par essence. Les nappes

d'aquifères confinés à semi-confinés (craies crétacées et socle cambro-silurien) sont relativement mieux protégées contre les contaminations.

V.4. PESTICIDES

En ce qui concerne les pesticides, les éléments fréquemment concernés par des pollutions appartiennent essentiellement à la famille des herbicides. Ces derniers permettent d'éliminer les plantes appelées communément « mauvaises herbes ». L'une des propriétés recherchées pour un herbicide, outre sa sélectivité, est sa durée d'action après traitement, voilà pourquoi sa persistance dans l'environnement est parfois assez longue. D'autre part, les plus solubles d'entre eux sont susceptibles d'être entraînés, soit par ruissellement vers les cours d'eau, soit par infiltration lente en profondeur jusqu'aux nappes phréatiques. Certains herbicides sont l'apanage des agriculteurs, comme les produits dérivés du groupe chimique triazine (atrazine², simazine, propazine), qui

Tableau 8 : Quelques paramètres bactériologiques analysés sur quelques ouvrages de la carte Jodoigne - Jauche

Paramètre	Unité	IDRW 20005	IDRW 399	IDRW 2547	IDRW 6880	IDRW 6989	IDRW 17593
Aquifère		Aquifère des sables de l'Éocène	Aquifère des sables du Paléocène		Aquifère des craies du Crétacé	Aquiclude-Aquitard-Aquifère du socle cambro-silurien	
Date		22/06/22	07/11/22	7/11/22	12/12/22	14/06/22	14/06/22
Entérocoques	Colonies/100 ml	0	0	4	0	0	0
Escherichia Coli	Colonies/100 ml	0	0	1	0	0	0
Coliformes totaux	Colonies/100 ml	47	345	22	0	2	0
Clostridia perfringens (spores inclus)	Colonies/100 ml	/	0	0	0	/	/
Germes totaux à 36 °C	Colonies/ml	13	24	2	1	0	0

Tableau 9 : Teneurs en pesticides principaux (famille des herbicides) pour quelques captages de la carte 40/3-4.

Paramètre	Unité	Norme	IDRW 20005	IDRW 399	IDRW 2547	IDRW 6880	IDRW 6989	IDRW 17593
Aquifère			Aquifère des sables de l'Éocène	Aquifère des sables du Paléocène		Aquifère des craies du Crétacé	Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien	
Date			22/06/22	23/02/22	23/02/22	10/08/22	14/06/22	14/06/22
Atrazine	ng/l	100	45	8	<6	<6	<10	<10
Déséthyl atrazine	ng/l	100	48	16	<6	8	<10	<10
Simazine	ng/l	100	<10	<6	<6	<6	<10	<10
Bentazone	ng/l	100	10	<15	<15	<15	32	<10
Chlortoluron	ng/l	100	<10	<6	<6	<6	<10	<10
Diuron	ng/l	100	<10	<6	<6	<6	<10	<10
Isoproturon	ng/l	100	<10	<6	<6	<6	<10	<10

² Interdit depuis 2004

sont des herbicides sélectifs utilisés principalement pour la culture du maïs, ou la bentazone, utilisée dans les cultures céréalières, de la pomme de terre, du lin, des haricots et des petits pois, ... D'autres, comme le diuron, sont plutôt utilisés par les particuliers (jardins et potagers) et les administrations pour l'entretien des voiries et des lieux publics.

Le **Tableau 9** reprend les pesticides les plus importants analysés dans divers ouvrages présents sur la carte. Ces analyses ne montrent pas de dépassement des normes de potabilité (100 ng/l) en 2022.

Elles montrent cependant la présence quasi omniprésente des pesticides, à des degrés divers dans tous les types de nappe ; libre à captive.

La source **20005**, exutoire naturelle de la nappe des sables éocènes présente les teneurs les plus importantes démontrant, encore une fois, la vulnérabilité des nappes d'aquifères superficiels.

V.5. ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES

La famille des « éléments trace métalliques » (ETM) comprend notamment l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le mercure (Hg), le nickel (Ni), le plomb (Pb), le zinc (Zn), etc. Ils sont souvent appelés « métaux lourds », mais ce terme est imprécis car certains de ces éléments ne sont pas particulièrement « lourds », tel le zinc, et d'autres, tel l'arsenic, ne sont pas des métaux (Pereira & Sonnet,

2007).

Le **Tableau 10** présente les résultats d'analyses des ETM pour quelques ouvrages de la carte Jodoigne – Jauche. Aucun dépassement des normes de potabilité n'est observé.

V.6. ETAT DES MASSES D'EAU

L'état des masses d'eau est résumé dans l'**Etat des nappes**³, document mis à jour annuellement par le SPW-ARNE-DESO. La directive 2006/118/CE relative à la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration a été transposée aux articles R.43 ter 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 11**).

L'évaluation de l'état des masses d'eau se base sur six altérations, chacune regroupant un ensemble de paramètres physico-chimique spécifiques. L'état global des masses d'eau souterraine de la Wallonie a déjà été évalué trois fois grâce aux résultats recueillis sur le réseau de surveillance DCE et dans le cadre du Survey Nitrates. Les derniers résultats datent de 2019 et se

Tableau 10 : Teneurs en éléments traces métalliques pour quelques ouvrages de la carte 40/3-4.

Paramètre	Unité	Norme AGW 15/01/04	IDRW 20005	IDRW 399	IDRW 2547	IDRW 6880	IDRW 6989	IDRW 17593
Aquifère			Aquifère des sables de l'Éocène	Aquifère des sables du Paléocène		Aquifère des craies du Crétacé	Aquiclude-Aquitard-Aquifère du socle cambro-silurien	
Date			07/07/21	23/02/22	23/02/22	12/12/22	14/06/22	14/06/22
Antimoine	µg/l	5	<1	<10	<10	<0,1	<1	<1
Arsenic	µg/l	10	<1	<0,5	<0,5	<0,5	1,9	2,9
Bore	µg/l	1000	<20	12,6	13,5	17,1	32	<20
Cadmium	µg/l	5	<0,02	<0,1	0,2	<0,1	<0,03	<0,03
Chrome	µg/l	20	1,8	1,3	<0,5	1,5	<1	<1
Cuivre	µg/l	100	<1	<0,5	1,2	<0,5	<1	<1
Manganèse	µg/l	50	<1	2,2	5,9	<0,5	12,9	14
Mercure	µg/l	1	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05
Nickel	µg/l	20	<1	<1	1,9	<1	<1	1,2
Plomb	µg/l	10	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<1	<1
Sélénium	µg/l	10	<1	0,9	2,2	6,7	<1	<1
Zinc	µg/l	200	<1	<1	2,9	1,5	1	41

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

Tableau 11 : Valeurs seuils des paramètres chimiques intervenant dans la dégradation des masses d'eau souterraines (SPW-DGO3 (2014). Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie)

Polluant	Norme ou Valeur seuil
Nitrates	50 mg/l
Substances actives des pesticides, ainsi que les métabolites et produits de dégradation et de réaction pertinents	0,1 µg/l - 0,5 µg/l (total)
Ammonium	0,5 mg NH ₄ /l
Antimoine	5 µg/l
Arsenic	10 µg/l
Cadmium	5 µg/l
Chlorures	150 mg/l
Chrome	50 µg/l
Cuivre	100 µg/l
2,6-dichlorobenzamide (BAM)	0,2 µg/l
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

basent sur des données collectées entre 2016 et 2019.

Les causes de la dégradation des eaux souterraines ont été regroupées en 4 grandes « forces motrices » qui sont les suivantes :

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

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

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

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

éventuelle est à contrôler.

La Fig. 4.7 indique l'état des masses d'eau en fonction des « forces motrices » à l'œuvre dans leur dégradation.

L'état des masses d'eau de la carte 40/3-4, en 2019, étaient :

- * RWE160 : Bon état ;
- * RWE080 : Bon état ;
- * RWE053 : Mauvais état sans détérioration observée ;
- * RWE051 : Mauvais état avec détérioration.

Les forces motrices à l'origine du mauvais état des masses d'eau RWE051 et 053 sont Agricole essentiellement et dans une moindre mesure Collective.

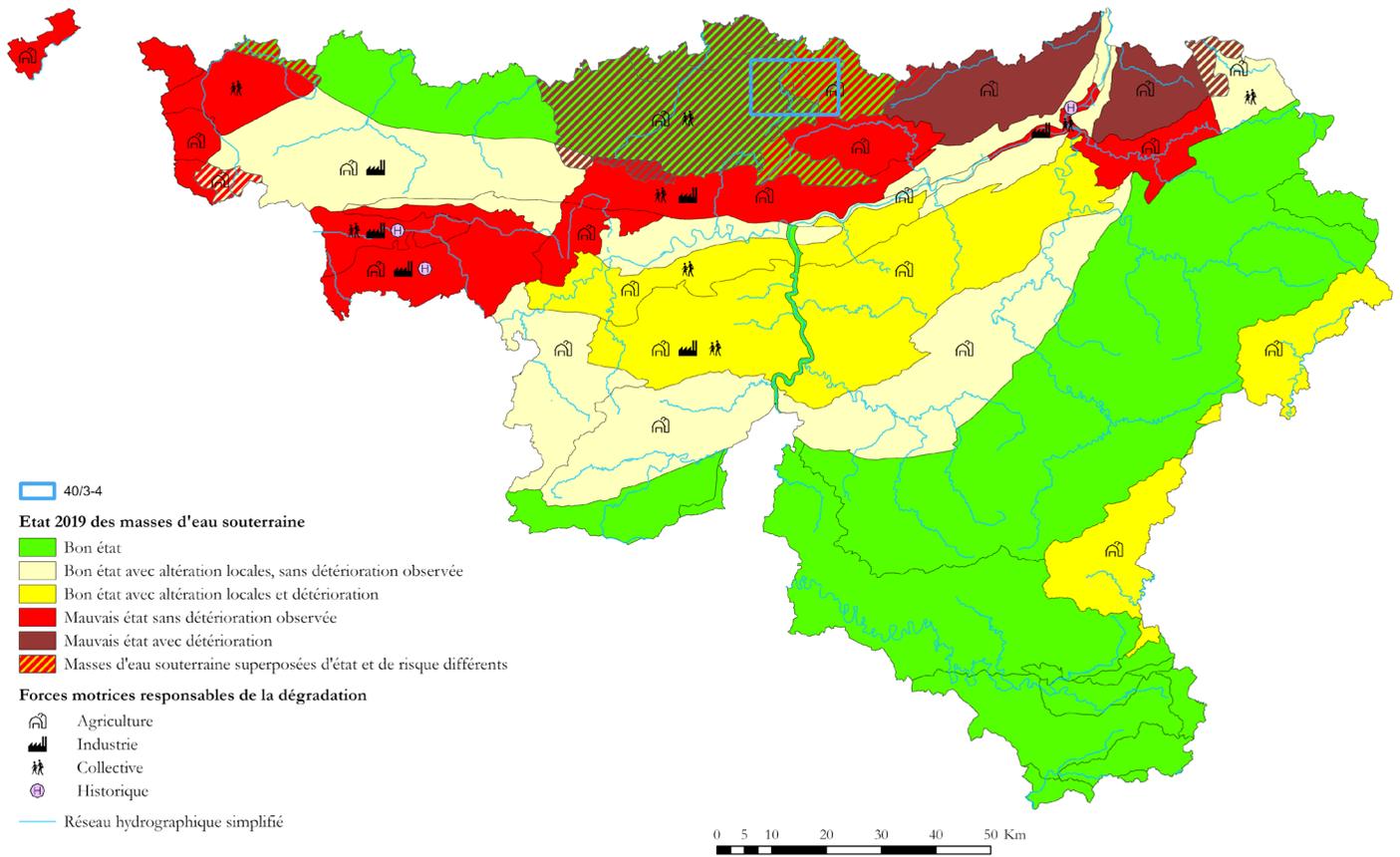


Fig.47 : Etat des lieux en 2019 des masses d'eau et localisation de la carte Jodoigne - Jauche (SPW ARNE-DESO)..

VI. EXPLOITATION DES AQUIFÈRES

Les volumes discutés ici ont été extraits de la base de données Dixsous du Service Public de Wallonie. Ils ne représentent pas l'entièreté des volumes prélevés dans les nappes d'eau souterraine puisque ceux des petits exploitants, inférieurs à 3 000 m³/an, ne sont pas systématiquement pas encodés.

Les volumes moyens prélevés représentés sur le poster A0 sur la « Carte des prélèvements » correspondent à la moyenne des années 2017 à 2021. Ces derniers ne sont pas représentatifs du potentiel d'exploitation ni de l'exploitation réelle des nappes. Ils reflètent juste l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées.

A l'échelle de la Wallonie, aucun captage¹ de la carte 40/3-4 n'est classé comme « principales prises d'eau »², soit au moins 1 Mm³/an (Fig. 48).

En termes de volumes (Fig. 49), la nappe la plus

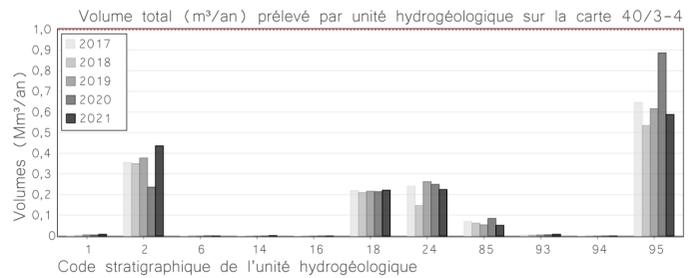


Fig. 49 : Volume total prélevé par unité hydrogéologique et par an, pour la période 2017-2021 sur la carte 40/3-4.

sollicitée sur cette carte est celle de l'Aquifère du Cambrien (95³) suivie de celles des craies du Crétacé (24) et des sables du Paléocène (18). Un certain volume est prélevé dans la couverture cénozoïque (2) sans qu'il soit possible de définir exactement, en l'état actuel des connaissances, l'unité hydrogéologique sollicitée précisément.

Septante-quatre ouvrages ont vu des volumes déclarés en 2021 encodés dans la banque de données Dixsous.

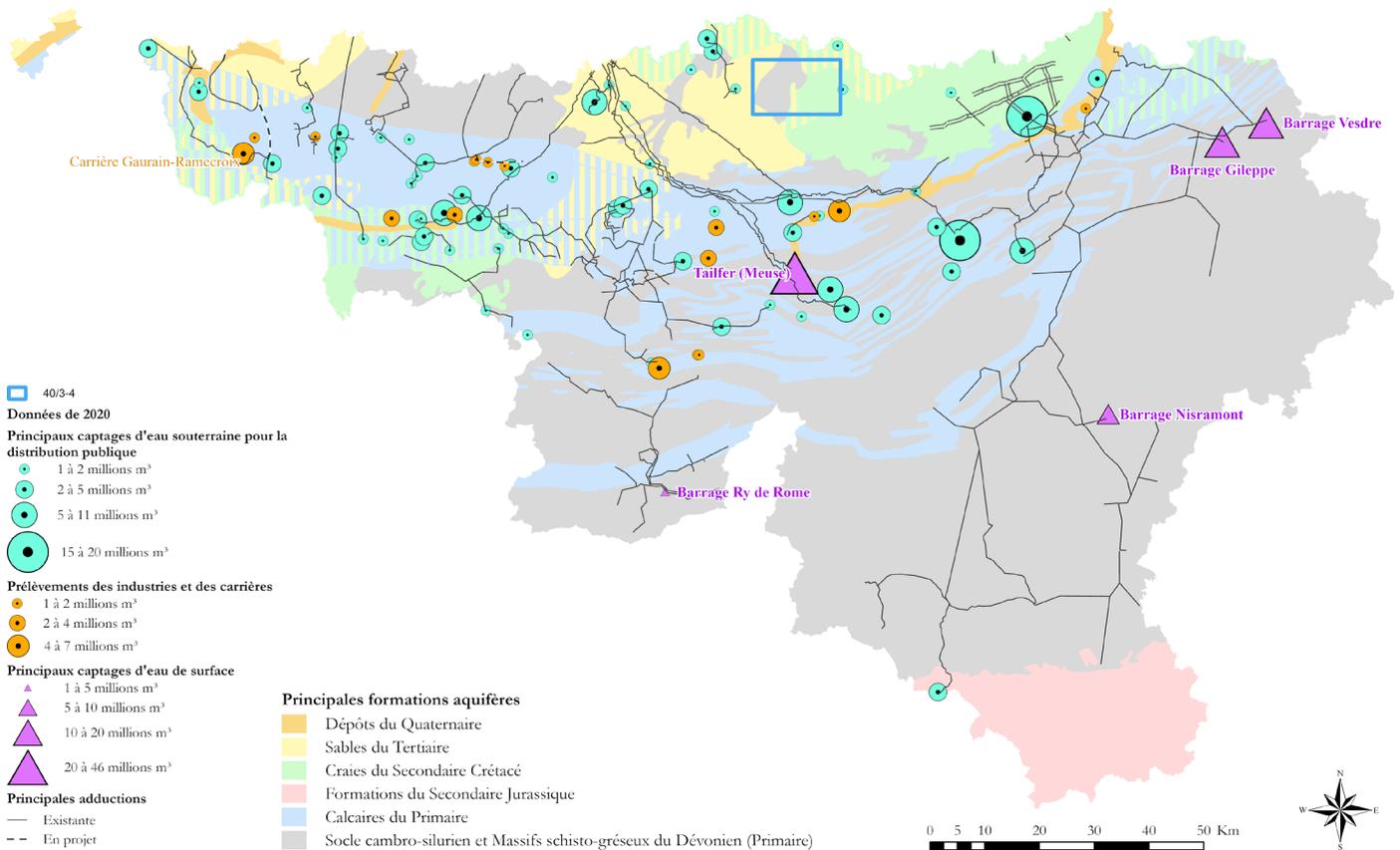


Fig. 48 : Localisation de la carte 40/3-4 sur la Carte 3 de l'État des nappes 2023 « Les principales prises d'eau ».

1 Captage s'entend ici soit comme un seul ouvrage soit comme une batterie d'ouvrages, c.-à-d. un ensemble d'ouvrages sollicitant le même aquifère et localisés proches les uns des autres.

2 http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/figures/Carte_3.jpg

3 Code stratigraphique de l'unité hydrogéologique

Les autres ouvrages n'ont pas de volume représenté car (1) ils ne sont pas actifs sur la période considérée, (2) leurs volumes déclarés n'ont pas encore été encodés au moment de la mise à jour de cette carte.

Ces volumes se répartissent dans 4 classes d'usages principaux (Fig. 50). Parmi celles-ci les usages domestique et agricole sont les plus nombreux en termes d'ouvrages mais pas en termes de volumes prélevés. Ces derniers sont très largement dominés par la distribution publique qui, avec 7 ouvrages seulement (Fig. 50), a prélevé quasi 1,4 Mm³ en 2021 (Fig. 51). Les autres usages sont anecdotiques en comparaison.

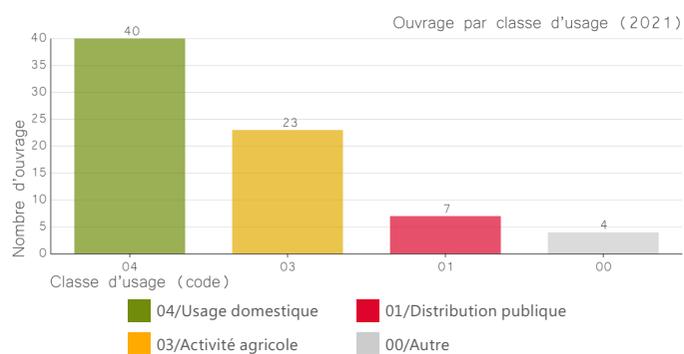


Fig. 50 : Nombre d'ouvrages en fonction de la classe d'usage déclarée de l'ouvrage, sur la carte 40/3-4.

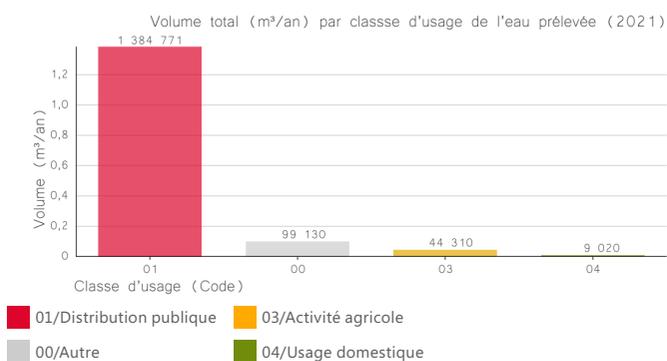


Fig. 51 : Volume total d'eau souterraine prélevé sur la carte 40/3-4 en fonction de la classe d'usage déclarée de l'eau prélevée.

VII. PARAMÈTRES HYDROGÉOLOGIQUES

VII.1. INTRODUCTION

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

Deux paramètres sont souvent cités dans les études consultées et parfois repris dans les notices des cartes :

- * La **transmissivité (T)** exprime le débit d'eau

qui s'écoule, pour une largeur unitaire, sur toute l'épaisseur d'un aquifère (de Marsily, 2004). Elle est l'intégration de la conductivité hydraulique (K) sur une épaisseur saturée donnée pour ramener le plus souvent l'écoulement à un processus 2D. Cette épaisseur est habituellement l'épaisseur totale de l'aquifère s'il s'agit d'un aquifère captif, et la hauteur d'eau saturée (très variable) s'il s'agit d'un aquifère libre ;

- * Le **coefficient d'emménagement** est également une grandeur 2D intégrant le coefficient d'emménagement spécifique sur l'épaisseur de l'aquifère pour les nappes captives. Pour les nappes libres, le coefficient d'emménagement peut être approximé par la porosité effective (ou efficace) de drainage (ne).

Les valeurs des paramètres peuvent varier suivant les

Tableau 12 : Valeurs de conductivité hydraulique en fonction de la granulométrie (Castany, 1998)

K (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
Qualitatif	Bonne à très bonne					Mauvaise					Très faible		
	Aquifère					Aquitard					Aquiclude		
Granulométrie homogène	Gravier pur				Sable pur		Sable très fin			Limons		Argile	
Granulométrie variée	Gravier grossier & moyen		Gravier et sable			Sable et limon argileux					/		

Tableau 13 : Intervalles de valeurs indicatives pour la conductivité hydraulique de différentes lithologies (échelles macroscopique et mégascopique) (Dassargues, 2010)

Lithologie		K (m/s)	
		max	min
Granites et Gneiss	avec fissures	1x10 ⁻⁴	1x10 ⁻⁷
	sans fissure	1x10 ⁻¹⁰	1x10 ⁻¹⁴
Basaltes	avec fissures	1x10 ⁻³	1x10 ⁻⁷
	sans fissure	10 ⁻⁹	1x10 ⁻¹²
Quartzites	avec fissures	1x10 ⁻⁴	1x10 ⁻⁷
	sans fissure	1x10 ⁻⁹	1x10 ⁻¹²
Shales (argilites)		1x10 ⁻⁹	1x10 ⁻¹³
Schistes (argilites schistosées)		1x10 ⁻⁵	1x10 ⁻⁹
Calcaires	karstifiés	1x10 ⁻¹	1x10 ⁻⁵
	avec fissures	1x10 ⁻³	1x10 ⁻⁹
	sans fissure	1x10 ⁻⁹	1x10 ⁻¹²
Grès	avec fissures	1x10 ⁻³	1x10 ⁻⁵
	sans fissure	1x10 ⁻⁵	1x10 ⁻⁹
Craies		1x10 ⁻³	1x10 ⁻⁶
Tufs volcaniques		1x10 ⁻³	1x10 ⁻⁷
Graviers		1x10 ⁻¹	1x10 ⁻⁴
Sables		1x10 ⁻²	1x10 ⁻⁶
Silts, limons		1x10 ⁻⁴	1x10 ⁻⁹
Argiles et limons		1x10 ⁻⁷	1x10 ⁻¹³

Tableau 14 : Intervalles de valeurs indicatives pour la porosité (n) et la porosité efficace de drainage (ne) de différentes lithologies (Dassargues, 2010)

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

*dépendante de la fissuration

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

Vu la multitude et la complexité des méthodes et concepts utilisés pour leur définition et leur détermination, la description détaillée de ces notions sort du cadre de cette notice. Nous invitons le lecteur à consulter le site de la carte hydrogéologique de Wallonie¹ où les concepts majeurs de l'hydrogéologie y sont abordés de manière simplifiée. Quelques références bibliographiques y sont renseignées.

A titre indicatif, le **Tableau 12** et le **Tableau 13** présentent quelques valeurs de conductivité hydraulique selon le type de roche (meuble ou indurée, lithologie, degré de fissuration...).

Le sous-sol, constitué de terrains meubles ou de roches consolidées, peut aussi être caractérisé par ses porosités. Pour l'écoulement des eaux souterraines seule la porosité efficace de drainage est considérée car sa valeur tient lieu de coefficient d'emménagement en nappe libre. A titre indicatif, le **Tableau 14** reprend quelques intervalles de valeurs de porosité totale et porosité efficace de drainage en fonction du type de roches.

VII.2. PARAMÈTRES D'ÉCOULEMENT

VII.2.1. Aquifère du Cambrien

Des paramètres d'écoulement (**Tableau 15**) ont pu être déterminés lors de pompages d'essais réalisés pour la S.W.D.E. en mars 2001 (S.W.D.E., 2003), sur les ouvrages **35671**, **51178** et **51179** (**Fig. 52**) liés au captage de Mont-Saint-André.

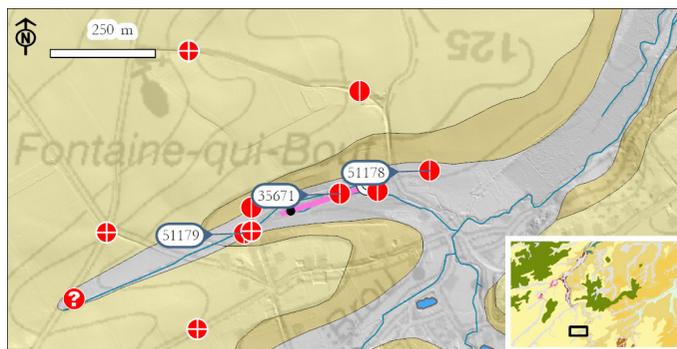


Fig. 52 : Localisation des ouvrages **35671**, **51178** et **51179** crépinés dans l'Aquifère du Cambrien

La conductivité hydraulique calculée (K), déduite des pompages, varie entre $7 \cdot 10^{-5}$ à $4,7 \cdot 10^{-4}$ m/s. Elle est donc mauvaise (cf. **Tableau 13**).

Les coefficients d'emménagement (S), déterminés sur le puits **51178**, varient entre 10^{-4} et 10^{-5} . Ces valeurs, très faibles, confirment le caractère captif de la nappe du socle cambro-silurien, sur la carte 40/3-4, déjà mis en évidence par les cotes piézométriques.

VII.2.2. Aquifère des sables du Paléocène

Des paramètres d'écoulement (**Tableau 15**) ont pu être déterminés lors de pompages d'essais réalisés pour la S.W.D.E. en septembre 1998 et mars 2001 sur les

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

ouvrages **51176**, **35673** et **51180** (Fig.53) du captage de Mont-Saint-André (S.W.D.E, 1998 et 2003).

La conductivité hydraulique calculée, déduite des pompages, varie entre $6,7 \cdot 10^{-6}$ à $5 \cdot 10^{-3}$ m/s. Elle peu donc être qualifiée de mauvaise à bonne (cf. Tableau 13).

VII.3. PARAMÈTRES DE TRANSPORT

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

Aucun paramètre de transport n'a pu être déduit des essais de traçage ayant eu lieu sur la carte 40/3-4, notamment au niveau des captages **BOIS DES CAILLOUX** et **MOLEMBAIS** (SWDE, 2004), car aucune restitution n'a été observée lors de leur réalisation.

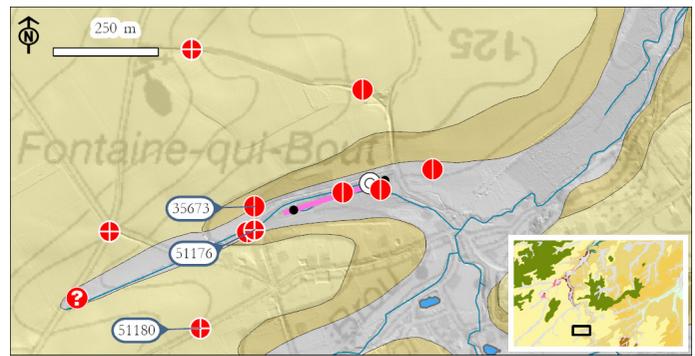


Fig.53 : Localisation des ouvrages **51176**, **35673** et **51180** crépinés dans l'Aquifère des sables du Paléocène

Tableau 15 : Conductivités hydrauliques (K) et coefficients d'emmagasinement (S) calculés pour l'Aquifères du Cambrien et l'Aquifère des sables du Paléocène sur les sites de Mont-Saint-André (SWDE, 1998 et 2003).

IDRW	Débits (m ³ /h)	Transmissivité (m ² /s)		Perméabilité K (m/s)		S (%)
		Descente	Remontée	Descente	Remontée	
35673	6 - 10	$3,0 \cdot 10^{-5}$ - $9,0 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$ - $2,0 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$ - $1,5 \cdot 10^{-4}$	$6,7 \cdot 10^{-6}$ - $3,3 \cdot 10^{-4}$	0,8 - 1
51176	2	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	0,077
51180	30 - 50	$2,0 \cdot 10^{-2}$ - $4,0 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$ - $4,0 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$ - $5,0 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$ - $5,0 \cdot 10^{-3}$	/
51178	5 - 8	$2,0 \cdot 10^{-3}$ - $3,0 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-4}$ - $3,5 \cdot 10^{-4}$	$4,7 \cdot 10^{-4}$	10^{-4} - 10^{-5}
35671	5 - 8	$1,0 \cdot 10^{-3}$ - $3,0 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$7,0 \cdot 10^{-5}$ - $2,1 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	/
51179	2	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$3,1 \cdot 10^{-4}$	/

VIII. ZONES DE PROTECTION

VIII.4. CADRE LÉGAL

Par suite du 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 wallonne¹ définit 4 zones de protection à mesure que l'on s'éloigne du captage (Fig.54) : (1) zones de prise d'eau ou zone I, (2) zone de prévention rapprochée ou zones IIa, (3) zone de prévention éloignée ou zone IIb et (4) zone de surveillance ou zone III.

Les limites de ces zones coïncident généralement avec des limites cadastrales ou topographiques, rendant leur identification sur le terrain plus aisée.

VIII.4.1. Zone de prise d'eau

La zone de prise d'eau ou zone I est délimitée par une ligne située à 10 m des limites extérieures des installations en surface strictement nécessaires à la prise d'eau (Fig. 54).

A l'intérieur de la zone de prise d'eau, seules les activités en rapport direct avec la production d'eau sont tolérées.

VIII.4.2. Zones de prévention

La zone de prévention ou zone II correspond à l'aire géographique dans laquelle le captage peut être atteint par un 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.

Cette zone est obligatoire en cas de nappe libre. Si la nappe sollicitée par le captage est captive, elle n'est pas obligatoire mais peut être imposée par les autorités régionales.

Une zone de prévention est généralement constituée

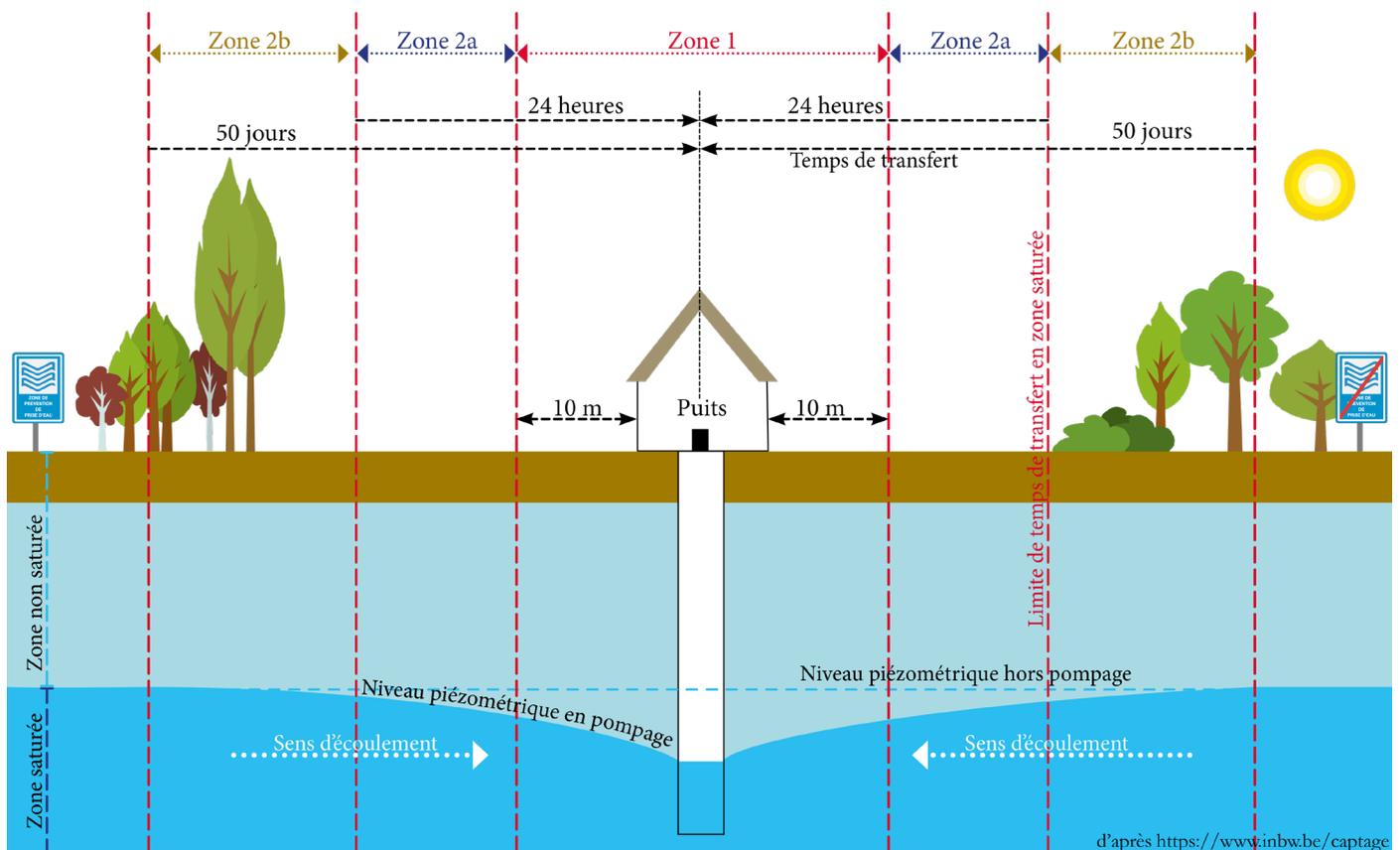


Fig. 54 : : Zones de protection en Région Wallonne (SPW ARNE-DESO, 2015)

¹ 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 l'eau (M.B. du 12/04/2005, p. 15068).

de 2 sous-zones (1) la zone de prévention rapprochée et (2) la zone de prévention éloignée.

VIII.4.2.1. La zone de prévention rapprochée

La zone de prévention rapprochée ou zone IIa (ou 2a) est comprise entre le périmètre de la zone I et une ligne située à une distance du captage correspondant à un temps de transfert de l'eau souterraine jusqu'à l'ouvrage égal à 24 h dans le sol saturé.

A défaut de données suffisantes permettant de la définir selon ce critère de temps de transfert, la législation suggère de délimiter cette zone par une ligne située :

- * dans le cas d'un puits, à une distance horizontale minimale de 35 m, à partir des installations de surface ;
- * dans le cas d'une galerie, par deux lignes situées à 25 m au minimum de part et d'autre de la projection en surface de l'ouvrage ;

En milieu karstique, tous les points préférentiels de pénétration, dolines et pertes, pour lesquels la liaison avec le captage est établie seront classés en zone IIa.

VIII.4.2.2. La zone de prévention éloignée

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

A défaut de données suffisantes permettant la délimitation de cette zone selon ce critère de temps de transfert, le périmètre de cette zone sera éloignée de celui 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 et/ou karstiques.

VIII.4.3. Zone de surveillance

La zone de surveillance ou zone III peut être déterminée pour toute prise d'eau mais elle n'est pas obligatoire. Elle englobe l'entièreté du bassin hydro-graphique et -géologique situés à l'amont du point de captage.

VIII.5. MESURES DE PROTECTION

A l'intérieure de ces zones de protection, diverses mesures visant à réduire au maximum les risques de contamination de la nappe ont été définies par les autorités compétentes et concernent, notamment, l'utilisation et le stockage de produits dangereux, d'engrais ou de pesticides, les puits perdus, les nouveaux cimetières, les parkings, etc. Toutes ces mesures sont décrites aux articles R.162 à R.170 de l'Arrêté du Gouvernement Wallon du 12 février 2009².

La Société publique de Gestion de l'Eau³ 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 protection et indemniser tout particulier ou toute société dont les biens doivent être mis en conformité avec la législation, une redevance est prélevée sur chaque m³ fourni par les sociétés de distribution d'eau.

Le Service public de Wallonie (ARNE) met à la disposition du public deux sites web :

- * « **Etat des nappes et des masses d' eau souterraine de la Wallonie** »⁴ où sont exposées les différentes étapes nécessaires à la détermination des zones de protection en Région wallonne ;
- * « **Site des zones de prévention des captages de Wallonie approuvées par arrêté ministériel** »⁵. Ce site permet de rechercher et de visualiser une zone de protection arrêtée ou soumise à l'enquête publique.

VIII.6. ZONES DE PRÉVENTION AUTOUR DES CAPTAGES EN WALLONIE

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

² 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)

³ SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999

⁴ <http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas>

⁵ http://environnement.wallonie.be/zones_prevention/

révision, par signature du ministre wallon en charge de l'environnement.

En 2022, sur la carte 40/3-4, 2 zones de prévention étaient arrêtées (Tableau 16). Elles concernent les captages de Jandrain-Jandrenouille P1 à P3 (SWDE044) et Jandrain G1 (SWDE220).

VIII.6.1. Zones de prévention à définir

En 2022, sur la carte 40/3-4, 8 ouvrages faisaient l'objet d'une zone de prévention à définir. Ils peuvent être visualisés sur la carte principale du poster.

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

Tableau 16 : Zones de prévention approuvées par arrêté ministériel sur la planche 40/3-4

Code	Captages	Date de l'arrêté	Publication au moniteur belge	url arrêté ministériel
SWDE044	Jandrain-Jandrenouille P1, P2, P3	23/08/02	14/09/02	http://environnement.wallonie.be/legis/eau/easou029.htm
SWDE220	Jandrain G1 (Pissaumont)	31/01/13	01/03/13	http://environnement.wallonie.be/legis/eau/easou221.html

IX. 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.
- Blockmans, S., Dumoulin, V., Herbosch, A. & Debacker, T.N. (2019) • Carte géologique de Wallonie, planchette 40/3–4 Jodoigne – Jauche, 88p., Ed. : SPW ARNE, Belgique, Dépôt légal D/2019/11.802/77.
- Boulvain, F. et Pingot, J.-L. (2014) • Introduction à la géologie de la Wallonie, Université de Liège, <http://www2.ulg.ac.be/geolsed/geolwal/geolwal.htm>
- Capette, L., Rekk, S. & Hallet, V. (2012) • Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchettes Meldert – Tienen n° 32/7–8. Edition : Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique, Dépôt légal D/2012/12.796/7-ISBN 978-2-8056-0108-8
- Capette, L. & Hallet, V. (2010) • Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchettes Hannut – Montenaeken & Landen, n° 41/1–2 & 33/5. Edition: Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique
- Castany, G. (1998) • Hydrogéologie, principes et méthodes, Dunod, 236 p.
- Castany, G., Margat, J. (1977) • Dictionnaire français d'hydrogéologie, Editions du BRGM
- Caubergs, M. (1991) • Les souterrains de Folx-les-Caves, Bulletin du GRSMA, n°4
- Dassargues, A. & Peters, V. (1997) • Qualité des eaux souterraines dans les aquifères des provinces de Liège, du Limbourg belge et du Limbourg néerlandais, partie 2 : Conditions géologiques et schématisation hydrogéologique du sous-sol
- 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, 20–34
- de Béthune, P. (1961) • Carte de la géologie de la Belgique in Atlas de Belgique, planche 8. Académie royale de Belgique, Comité national de géographie
- Commission de l'Atlas national, Bruxelles
- Dejonghe, L. (2007) • Guide de lecture des cartes géologiques de Wallonie, Ministère de la Région Wallonne, 3ème édition, 51 p.
- De Vos, W., Verniers, J., Herbosch, A., Vanguestaine, M. (1993) • A new geological map of the Brabant Massif, Belgium, *Geol. Mag.*, 130, 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, 555–569
- Herbosch, A., Debacker, T.N. & Piessens, K. (2008) • The stratigraphic position of the Cambrian Jodoigne Formation redefined (Brabant Massif, Belgium), *Geologica Belgica*, 11/3–4, 133–150
- Jennings, J.N. (1985) • Karst Geomorphology, Basil Blackwell, New York, 293 p.
- Laga, P., Louwye, S. & Geets, S. (2001) • Paleogene and Neogene lithostratigraphic units (Belgium), *Geologica Belgica*, 4/1–2, 135–152
- Legrand, R. (1968) • Le Massif du Brabant, Mém. Expl. Cartes Géologiques et Minières de la Belgique, 9, 148 p.
- Meinzer, O. E. (1923) • Outline of ground-water hydrology, with definitions, U. S. Geol. Survey, Water-Supply Paper, 494, 1–71
- Pingot, J. L. & Delcambre, B. (2006) • Carte géologique de Wallonie, planchette 40/7–8 Perwez – Eghezée, Ministère de la Région Wallonne, DGARNE
- Poehls, D.J. & Smith, G.J. (2009) • Encyclopedic Dictionary of Hydrogeology, Elsevier Academic press,

517 p.

Robaszynski, F., Dhondt, A.V. & Jagt, J.W.M. (2001) • Cretaceous lithostratigraphic units (Belgium), *Geologica Belgica*, 4/1-2, 121-134

Sintubin, M. (1999) • Arcuate fold and cleavage patterns in the southeastern part of the Anglo-Brabant Fold Belt (Belgium) : tectonic implications, *Tectonophysics*, 309, 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, 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, 327-343

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

SWDE (1998) • Réalisation de trois puits de reconnaissance à Ramillies (Gérompont) Mont-Saint-André dans le cadre de la recherche de nouvelles potentialités aquifères, rapport technique n°102

SWDE (1999) • Etude géophysique du site de Ramillies (Gérompont) Mont-Saint-André, étude du LGIH-ULg, rapport n°99 10

SWDE (2003) • Forage de quatre puits de reconnaissance (PR4 à PR7) et de trois piézomètres (Pz1 à Pz3) à Ramillies (Gérompont) dans le cadre de l'étude des zones de prévention des prises d'eau de « Mont St André Pr1 et D1 », rapport technique n°150

SWDE (2004) • Essai de traçage et modélisation mathématique dans le cadre de l'établissement des zones de prévention des prises d'eau de Jodoigne : « Molembais D1 » et « Bois des Cailloux P1 », étude de SGS Belgium S.A., rapport E616

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

Genève

Verniers, J., Herbosch, A., Vanguetstaine, M., Geukens, F., Delcambre, B., Pingot, J.-L., Belanger, I., Hennebert, M., Debacker, T., Sintubin, M. & De Vos, W. (2001) • Cambrian-Ordovician-Silurian lithostratigraphical units (Belgium), *Geologica Belgica*, 4/1-2, 5-38

Von Hoegen, J., Kramm, U. & Walter, R. (1990) • The Brabant Massif as part of Armorica/Gondwana : U-Pb isotopic evidence from detrital zircons, *Tectonophysics*, 185, 37-50

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

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.

X. ANNEXES

X.1. LISTE DES ABRÉVIATIONS

SPW ARNE

Service public de Wallonie Agriculture, Ressources naturelles et Environnement.

Avenue Prince de Liège, 15 à 5100 JAMBES

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

Direction des Eaux Souterraines (DESo)

La Direction des Eaux Souterraines est incluse dans le Département de l'Environnement et de l'Eau (DEE) du SPW ARNE.

DCENN

Direction des Cours d'Eau Non Navigables

IRM

Institut Royal Météorologique, Section Climatologie.

Avenue Circulaire, 3 à 1180 BRUXELLES

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

ISSeP

Institut Scientifique de Service Public

Rue du Chéra, 200 à 4000 LIÈGE

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 LIÈGE

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

SPGE

Société Publique de Gestion de l'Eau

SWDE

Société Wallonne des Eaux

Rue de la Concorde, 41 à 4800 VERVIERS

<http://www.swde.be>

VMM

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>

VMW

Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening

Belliardstraat 73 à 1040 Brussel

<http://www.vmw.be>

X.2. MÉTHODOLOGIE DE L'ÉLABORATION DE LA CARTE HYDROGÉOLOGIQUE

Le présent chapitre donne les principales sources d'informations géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques utilisées. Elle décrit également l'utilisation de ces données, l'encodage et l'interprétation qui a été faite, permettant la réalisation de la carte hydrogéologique de Wallonie 32/5-6 Duisburg – Hamme-Mille et de sa notice explicative.

X.2.1. Origine des données

X.2.1.1. Données géologiques

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

Les unités hydrogéologiques sont directement dérivées de la carte géologique de S. Blockmans et al. (2019). Les formations géologiques sont regroupées ou subdivisées en unités hydrogéologiques lorsque leur comportement hydrodynamique est similaire.

Des discontinuités avec les cartes voisines entre les limites géologiques et/ou hydrogéologiques peuvent apparaître. C'est le cas sur le bord est de la carte avec la planche Meldert – Tienen, cette dernière se basant sur une ancienne carte géologique réalisée en 1892, toutefois, sa future actualisation devrait permettre une uniformisation.

X.2.1.2. Points hydrogéologiques

Les ouvrages représentés sur cette carte proviennent principalement de la banque de données **DixSous** de la Direction des Eaux Souterraines du Service public de Wallonie mais également d'un travail de consultation des dossiers d'étude pour l'établissement des zones de

prévention, de la banque de données **Gisel**¹ du Service géologique de Belgique et d'un travail de terrain mettant en évidence d'anciens ouvrages ou des sources non répertoriées.

X.2.1.3. Données piézométriques

Les données piézométriques proviennent :

- * des mesures effectuées dans le cadre de la réalisation de cette carte ;
- * du réseau piézométrique de la Direction des Eaux souterraines² ;
- * de la banque de données **Gisel** du Service géologique de Belgique ;
- * de mesures réalisées par les sociétés de distribution sur leurs ouvrages ;
- * de la SPAQuE et de divers bureaux d'études.

X.2.1.4. Données hydrochimiques

Les données hydrochimiques présentées ici proviennent de la banque de données **CALYPSO** du Service public de Wallonie.

X.2.1.5. Zone de prévention, zone vulnérable aux nitrates

Les zones de prévention autour des captages et les zones vulnérables aux nitrates proviennent du Service public de Wallonie.

X.2.1.6. Isohypses

Les isohypses du toit du socle paléozoïque du Massif du Brabant, représentés sur le poster, ont été tracés au 1/200 000 en 2005 par le Service Géologique de Belgique, dépendant de l'Institut Royal Belge des Sciences Naturelles ; la version numérique est fournie par la Databank Ondergrond Vlaanderen. L'extrait correspondant à la planche de la carte a été repris au 1/50 000.

Les cotes isohypses sont dérivées :

- * de sondages du Service Géologique de Belgique (**Gisel**) ;
- * de coupes géologiques d'ouvrage issus de :
 - * dossiers de zone de prévention ;
 - * **DIXSOUS**.

X.2.1.7. Volumes

Les volumes représentés sur le poster proviennent de la banque de données **Dixsous** du SPW.

X.2.2. Méthodologie de construction de la carte

X.2.2.1. Base de données hydrogéologiques

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

Une partie de ces données proviennent du Service public de Wallonie via les banques de données **Dixsous**³, **calypso**⁴ et sites comme **La Piézométrie en Wallonie**⁵.

Une autre partie des données hydrogéologiques proviennent des bureaux d'étude, des sociétés de distribution, parfois des particuliers et/ou directement de campagnes sur le terrain lors de la réalisation des cartes. Toutes ces données sont actuellement encodées dans une base de données géographiques propre à la carte hydrogéologique de Wallonie, développée sous le logiciel ARCGIS (ESRI).

X.2.2.2. Construction de la carte hydrogéologique

Le projet cartographique est développé sous ArcGIS – ESRI. Toutes les données collectées sont structurées dans une File GeoDataBase (FGDB) propre au logiciel ArcGIS.

Ces données sont accessibles, dans la mesure restrictive du Règlement Générale sur la Protection des données, sur l'application cartographique des cartes hydrogéologique de Wallonie.

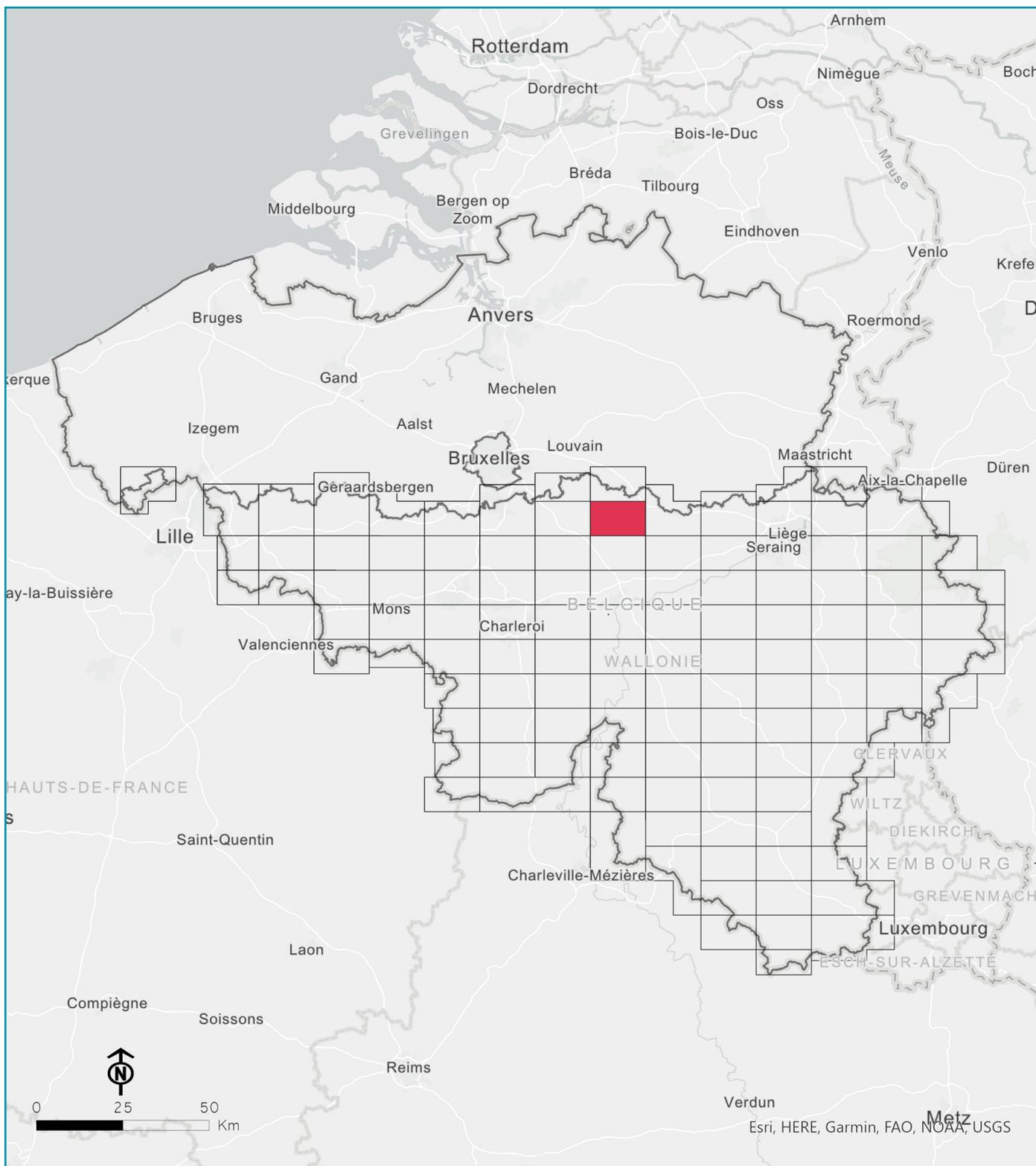
1 <https://gisel.naturalsciences.be/gisel/gisel.html>

2 <https://piezometrie.wallonie.be/>

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

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

5 <https://piezometrie.wallonie.be/>



ISSN : 2953-0067 (N) • ISBN : 978-2-8056-0428-7 • Dépôt légal : D/2022/11802/93

Editeur responsable

Bénédicte Heindrichs
15, Avenue Prince de Liège - 5100 Jambes (Namur) Belgique

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

