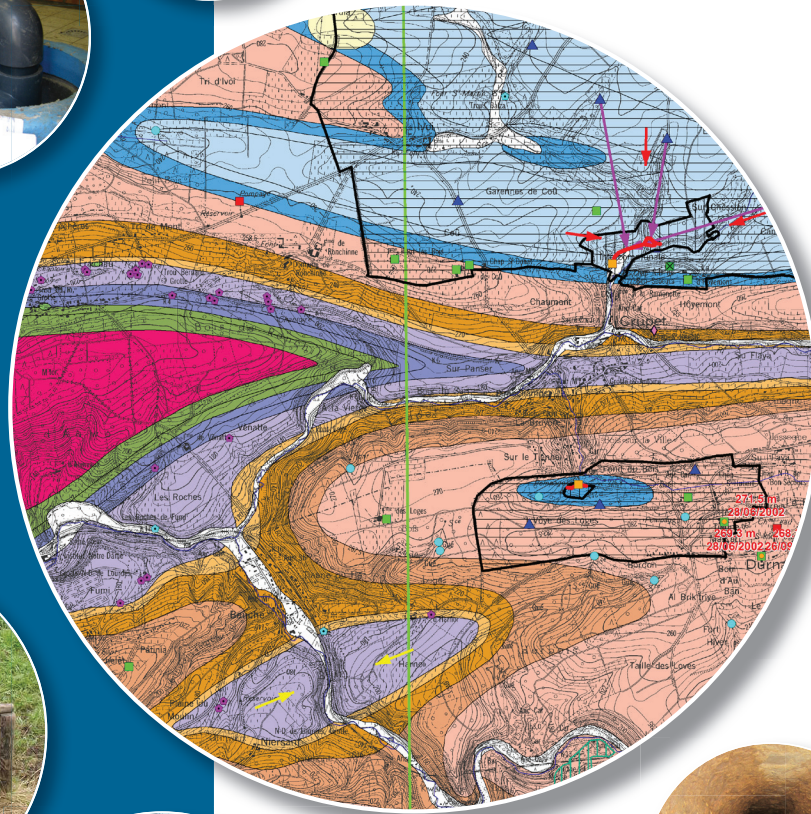


Notice explicative

**CARTE HYDROGÉOLOGIQUE
DE WALLONIE**

Echelle : 1/25 000



Photos couverture © SPW-DGARNE(DGO 3)

Fontaine de l'ours à Andenne

Forage exploité

Argillère de Celles à Houyet

Puits et sonde de mesure de niveau piézométrique

Emergence (source)

Essai de traçage au Chantoir de Rostenne à Dinant

Galerie de Hesbaye

Extrait de la carte hydrogéologique de Bioul - Yvoir



BIOUL - YVOIR

53/3-4

Pierre **NOGARÈDE**, Yves **VANBRABANT**, Samantha **REKK**, Vincent **HALLET**

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



NOTICE EXPLICATIVE

2015

Première version : Janvier 2003
Actualisation partielle : Août 2015

Dépôt légal – **D/2015/12.796/12** - ISBN : **978-2-8056- 0191-0**

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

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

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

AVANT-PROPOS.....	1
I. INTRODUCTION	3
II. CADRES GEOGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE.....	4
III. CADRE GEOLOGIQUE	6
III.1. CADRE GEOLOGIQUE GENERAL	6
III.2. CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL.....	6
III.2.1 Lithostratigraphie.....	7
III.2.1.1. Paléozoïque.....	7
III.2.1.2. Cénozoïque	14
III.2.2 Cadre structural.....	15
III.2.2.1. Cadre géodynamique	15
IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE.....	18
IV.1. DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES.....	19
IV.1.1 Paléozoïque	21
IV.1.1.1. Aquifère à niveaux aquiclude du Dévonien inférieur	21
IV.1.1.2. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.....	21
IV.1.1.3. Aquitard de l'Eifelien	21
IV.1.1.4. Aquifère des calcaires du Givetien.....	21
IV.1.1.5. Aquiclude du Frasnien	21
IV.1.1.6. Aquifère des calcaires du Frasnien	21
IV.1.1.7. Aquiclude du Famennien	22
IV.1.1.8. Aquitard du Famennien.....	22
IV.1.1.9. Aquifère des grès du Famennien	22
IV.1.1.10. Aquifère-aquitard-aquiclude de l'Hastarien	22
IV.1.1.11. Aquifère des calcaires du Carbonifère	23
IV.1.1.12. Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller	23
IV.1.2 Cénozoïque.....	23
IV.1.2.1. Aquifère des sables de remplissage	23
IV.1.2.2. Aquiclude des argiles de remplissage.....	23
IV.1.2.3. Aquifère alluvial.....	23
IV.2. PHENOMENES KARSTIQUES	23
IV.2.1 Rive gauche de la Meuse	24
IV.2.1.1. Systèmes karstiques du bassin aval du Burnot.....	24
IV.2.1.2. Flanc sud de l'anticlinal de Godinne.....	28
IV.2.1.3. Les calcaires carbonifères en rive gauche de Meuse	28
IV.2.2 Rive droite de la Meuse	30
IV.2.2.1. Vallée du Bocq	30
IV.2.2.2. Vallée du ruisseau du Fond d'Hestroy	32
IV.2.2.3. Vallée sèche du Mont.....	35
IV.2.2.4. Vallée sèche de Ronchinne.....	36
IV.2.2.5. Vallon sec d'Evrehailles	37
IV.2.2.6. Vallon sec de Houx	37
IV.2.2.7. Vallon du « Fond des Rivaux »	38
IV.2.3 Conclusions	38
IV.3. DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE REGIONALE	39
IV.3.1 Cadre général	39
IV.3.2 Évolution piézométrique des différentes unités hydrogéologiques	40
IV.3.2.1. Zone « Sud ».....	40
IV.3.2.2. Zone « Nord »	45

IV.3.2.3. Plaine alluviale de la Meuse.....	49
IV.4. COUPES HYDROGEOLOGIQUES.....	49
IV.5. CARACTERE LIBRE, SEMI-CAPTIF, CAPTIF DES NAPPES	52
V. CADRE HYDROCHIMIQUE	54
V.1. CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX	54
V.1.1 Aquifère des grès du Famennien.....	54
V.1.2 Aquifère des calcaires du Carbonifère.....	55
V.1.3 Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller.....	59
V.1.4 Aquifère - Aquitard - Aquiclude de l'Hastarien.....	60
V.1.5 Aquifère des calcaires du Givetien	62
V.1.6 Aquifère alluvial.....	63
V.1.7 Commentaires.....	65
V.2. PROBLEMATIQUE DES NITRATES.....	68
V.2.1 Aquifère - Aquitard - Aquiclude de l'Hastarien.....	69
V.2.2 Aquifère des calcaires du Carbonifère.....	69
V.2.3 Aquifère alluvial.....	71
V.3. PROBLEMATIQUE DES MICROPOLLUANTS	73
V.3.1 Pesticides.....	73
V.3.2 Métaux	76
V.4. QUALITE BACTERIOLOGIQUE.....	77
V.5. ETAT QUALITATIF DES MASSES D'EAU.....	78
VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES	81
VI.1. VOLUMES PRELEVES POUR LA DISTRIBUTION PUBLIQUE.....	81
VI.2. AUTRES VOLUMES CAPTES	84
VII. PARAMETRES HYDROGEOLOGIQUES.....	86
VII.1. PARAMETRES D'ECOULEMENT.....	86
VII.1.1 Aquifère des calcaires du Carbonifère.....	88
VII.1.1.1. Captage de Crupet.....	88
VII.1.1.2. Captage d'Anhée : carrière Bioul Noire Terre P1, P2, P3	89
VII.1.2 Aquifère - Aquitard - Aquiclude de l'Hastarien.....	90
VII.2. PARAMETRES DE TRANSPORT.....	91
VII.2.1 Aquifère alluvial.....	91
VII.2.2 Aquifère des calcaires du Carbonifère.....	92
VII.2.2.1. Captage de Crupet.....	92
VII.2.2.2. Captage d'Anhée : carrière Bioul Noire Terre P1, P2, P3	97
VII.2.3 Aquifère des calcaires du Frasnien	97
VIII. ZONES DE PROTECTION	99
VIII.1. CADRE LEGAL.....	99
VIII.1.1 Zone de prise d'eau ou zone I	99
VIII.1.2 Zones de prévention rapprochée et éloignée ou zones IIa et IIb	100
VIII.1.3 Zone de surveillance ou zone III.....	101
VIII.1.4 Mesures de protection	101
VIII.1. ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES.....	102
VIII.1.1 Zone de prévention arrêtée	102
VIII.1.1.1. Captage de Crupet.....	102
VIII.1.1.2. Captage de Durnal.....	104
VIII.1.1.3. Captage d'Anhée : carrière Bioul Noire Terre P1, P2, P3	104
VIII.1.1.4. Galeries de Spontin.....	105

VIII.1.2 Zone de prévention à l'enquête publique.....	106
VIII.1.3 Zones de prévention à définir	107
IX. METHODOLOGIE D'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE	108
IX.1. INTRODUCTION	108
IX.2. COLLECTE DE DONNEES	108
IX.2.1 Données géologiques et topographiques	108
IX.2.2 Données météorologiques et hydrologiques	108
IX.2.3 Données hydrogéologiques	108
IX.2.3.1. La banque de données BD HYDRO.....	109
IX.2.3.2. Localisation des ouvrages et sources	109
IX.2.3.3. Données piézométriques	110
IX.2.3.4. Données hydrochimiques.....	110
IX.3. CONSTRUCTION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE.....	110
IX.4. AVERTISSEMENT.....	113
X. BIBLIOGRAPHIE.....	114
XI. ANNEXE 1: LISTE DES ABREVIATIONS.....	119
XII. ANNEXE 2 : TABLE DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE	120

AVANT-PROPOS

La carte hydrogéologique Bioul - Yvoir (53/3-4) 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). Quatre équipes universitaires collaborent à ce projet : l'Université de Namur (UNamur), l'Université de Mons (Faculté Polytechnique, UMons) et l'Université de Liège (ArGEnCO-GEO³-Hydrogéologie & Sciences et Gestion de l'Environnement, ULg-Campus d'Arlon, ULg).

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

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

La carte de Bioul - Yvoir a été réalisée en 2003 par Pierre Nogarède (licencié en Sciences Géologiques) et Yves Vanbrabant (docteur en Sciences Géologiques) et le projet supervisé par le Prof. Vincent Hallet du Département de Géologie (Unamur). La carte a été revue et mise à jour partiellement en 2015 par S. Rekk (docteur en Sciences Géologiques) avant sa publication sur Internet.

Les auteurs de la carte hydrogéologique remercient Sylvie Roland pour sa relecture attentive de la carte. Nous remercions également la Société Wallonne des Eaux (SWDE), VIVAQUA et l'Association Intercommunale des Eaux de la Molinee (A.I.E.M.) 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 et également les propriétaires des carrières présentes sur la carte.

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

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

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

I. INTRODUCTION

La région couverte par la feuille 53/3-4 Bioul-Yvoir est située en Province de Namur, à une quinzaine de kilomètres au sud de la ville de Namur (*Figure I.1*). Les aquifères principaux, exploités par les sociétés de distribution d'eau, sont constitués par les calcaires du Carbonifère et les alluvions de la Meuse. Les autres aquifères de moindre importance sont ceux des calcaires du Givetien et du Fasnien ainsi que des roches détritiques (grès, quartzites, conglomérats, shales) du Dévonien inférieur, de la base du Dévonien moyen et du Famennien supérieur.

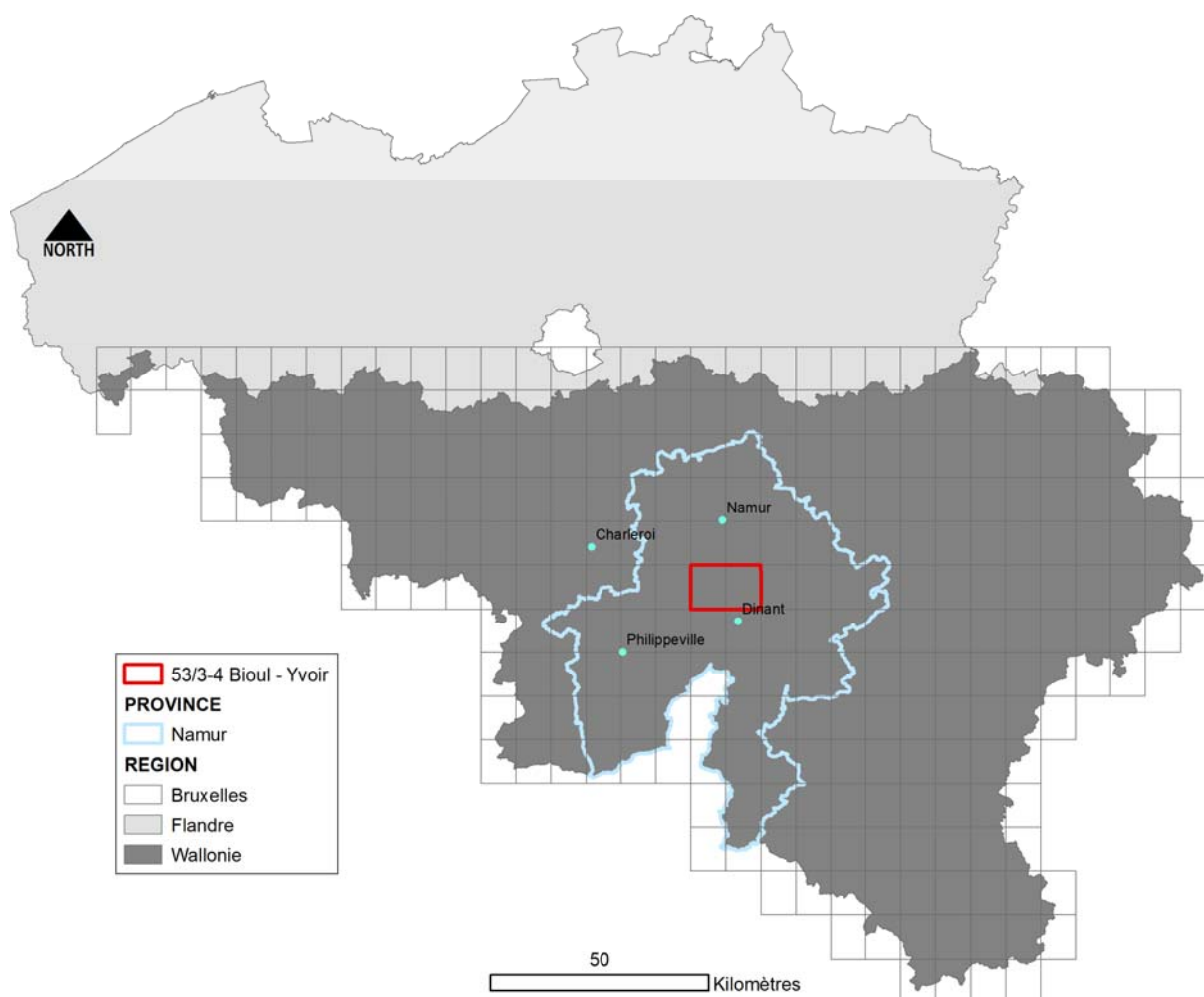


Figure I.1 : Localisation de la carte Bioul - Yvoir 53/3-4.

II. CADRES GÉOGRAPHIQUE, GÉOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE

D'une superficie de 160 km² (équivalent d'une planche topographique au 1/25 000), la carte étudiée se trouve sur les communes de Profondeville, Anhée, Yvoir, Assesse, Onhay et Dinant. Sa zone sud est située dans la région géomorphologique du Condroz et sa zone nord, dans l'Ardenne condrusienne. Elle se caractérise par des plateaux ondulés présentant une alternance de crêtes plus ou moins parallèles et orientées, selon les régions E-W ou NW-SE. Appelées « tiges », ces crêtes correspondent généralement aux anticlinaux composés de roches détritiques du Dévonien inférieur (Ardenne condrusienne) et du Famennien supérieur (Condroz). Les dépressions, de même orientation que les tiges sont appelées « chavées » et correspondent généralement aux zones d'affleurement des calcaires du Givetien, du Frasnien et du Carbonifère, ainsi qu'aux shales du Frasnien, du Famennien et du Houiller inférieur. Les plateaux sont entaillés par des cours d'eau encaissés, dont l'orientation est souvent liée aux structures géologiques, à l'exception de la Meuse dont la direction d'écoulement est sud-nord.

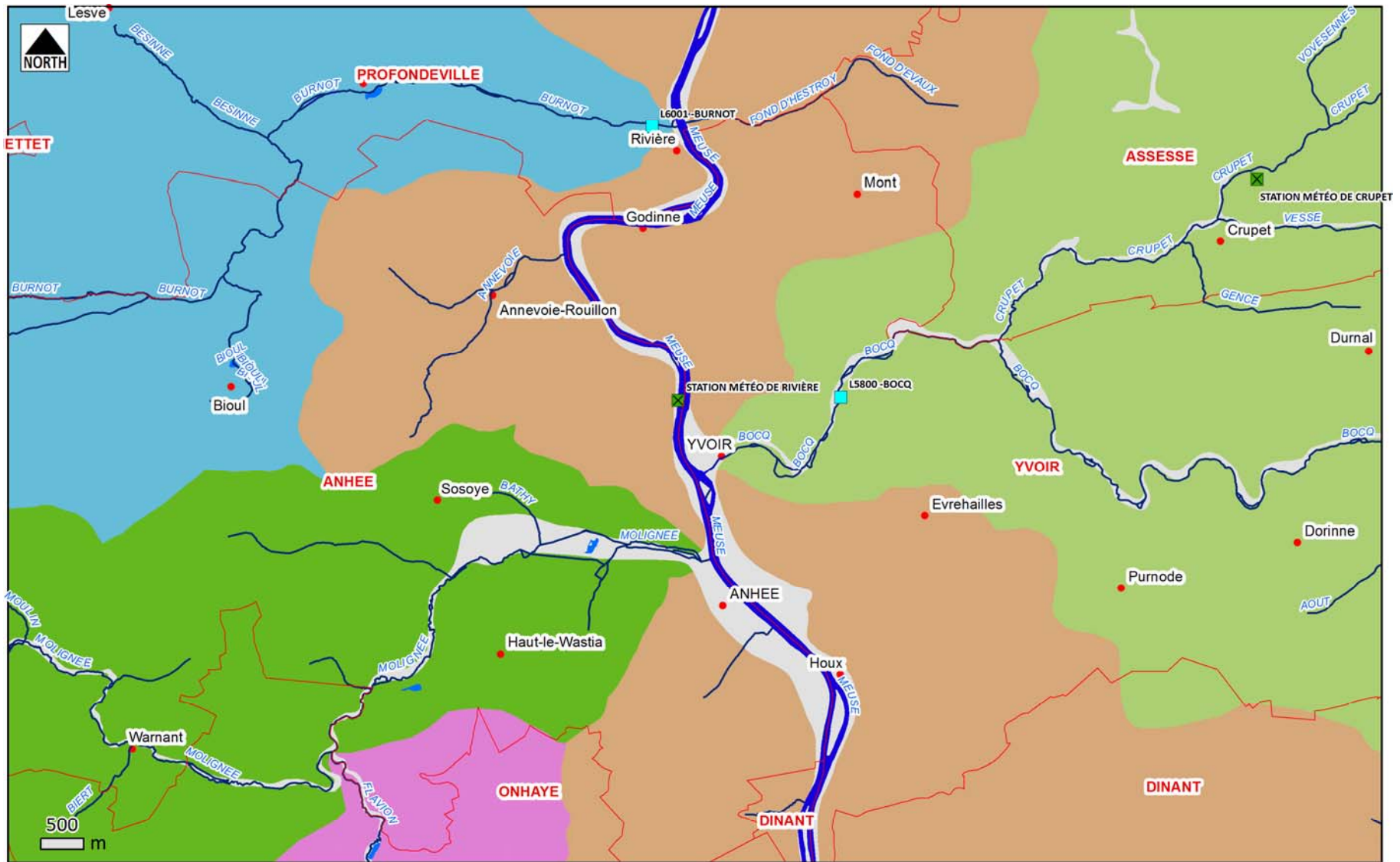
Les altitudes s'échelonnent de 290 m pour quelques sommets au sud de la localité d'Awagne (SE de la carte), à moins de 85 m dans le fond de la vallée de la Meuse dans sa partie la plus avale (extrémité nord de la zone étudiée).

Les bassins versants les plus importants (*Figure II.1*) sont ceux :

- de la Meuse (57,3 km²), occupant le centre de la carte du nord au sud de celle-ci ;
- du Bocq (42,8 km²), occupant l'est de la carte, affluent en rive droite de la Meuse ;
- de la Molinee (27,8 km²), occupant le sud-ouest de la carte, affluent en rive gauche de la Meuse ;
- du Burnot (27,8 km²), occupant le nord-ouest de la carte, affluent en rive gauche de la Meuse ;
- du Flavion (4,3 km²), coincé entre celui de la Meuse et celui de la Molinee, affluent de la Molinee.

La Meuse s'écoule du sud vers le nord et ses affluents de l'est vers l'ouest ou de l'ouest vers l'est. Le Flavion s'écoule vers le nord.

Deux stations limnimétriques (*Figure II.1*) mesurent les débits du Burnot (L6001-Burnot) au nord de la localité de Rivière, peu avant sa confluence avec la Meuse, et du Bocq (L5800-Bocq) au nord de Evrehailles.



- | | | | |
|----------------------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Bassin versant principaux | Bassin du Bocq | Réseau hydrographique | Station climatique |
| Bassin de la MEUSE | Bassin du Burnot | Berges des rivières à large lit | Station limnimétrique |
| Bassin de la Mognée | Bassin du Flavion | Plaine alluviale | Commune |

Figure II.1 : Carte du réseau hydrographique et des bassins versants de la région de Bioul - Yvoir

III. CADRE GÉOLOGIQUE

III.1. CADRE GÉOLOGIQUE GÉNÉRAL

Pendant une période s'étendant environ de -360 à -290 Ma, la pile sédimentaire dévono-carbonifère subit l'orogénèse hercynienne. Cette orogénèse marquerait la suture progressive des continents Gondwana et Laurasia qui formeront au Permo-Trias un super continent appelé Pangée. La carte Bioul - Yvoir est située dans l'Allochtonne ardennais ([Figure III.1](#)).

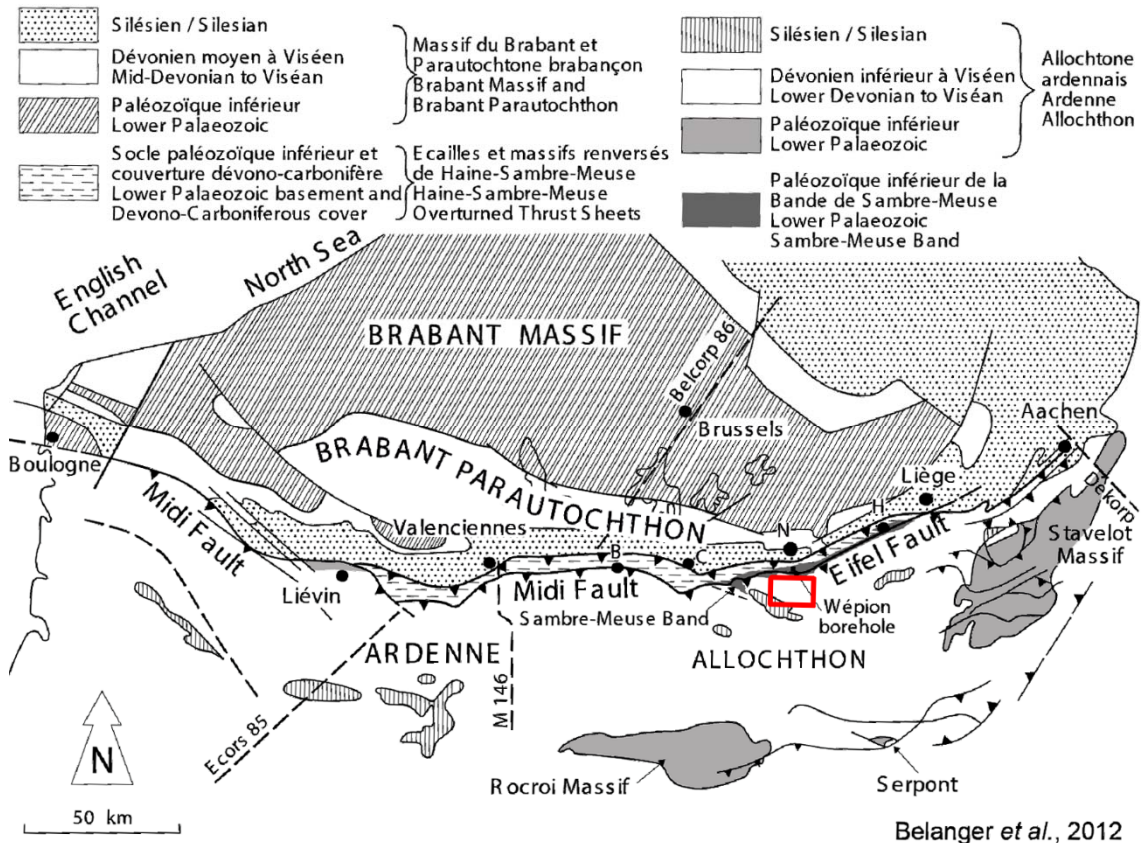


Figure III.1 : Localisation de la planche 53/3-4 sur l'écorché du Massif du Brabant (Belanger et al., 2012).

III.2. CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

Les roches rencontrées dans la région de Bioul-Yvoir sont essentiellement d'âge dévotion inférieur à carbonifère supérieur. A défaut d'une carte géologique récente, la description lithologique des unités géologiques se réfère à la carte n°166 réalisée en 1908 par Soreil et al. (éditée par l'Institut cartographique militaire, Bruxelles, Belgique). Ce document sert de fond à la carte hydrogéologique. L'ensemble des unités géologiques en présence est repris au [Tableau III.1](#).

III.2.1 Lithostratigraphie

III.2.1.1. Paléozoïque

Le Paléozoïque de la carte Bioul - Yvoir est représenté par le Dévonien et le Carbonifère.

Dans la zone d'étude, le Dévonien est représenté par les étages Coblencien, Burnotien, Couvinien, Givetien, Frasnien et Famennien ; la base du Dévonien (Gedinnien) est manquante.

Rappelons que la terminologie utilisée actuellement ne correspond plus nécessairement à celle utilisée en 1908 lors de l'édition de l'ancienne carte géologique, qui sert de canevas à ce travail. Ainsi pour information, le Gedinnien correspond actuellement à une partie du Lochkovien, le Coblencien s'étend sur le Lochkovien et le Praguien, le Burnotien correspond à l'Eifelien, voire au Givetien et le Couvinien est dénommé actuellement Eifelien (**Godefroid et al., 1994**). Les autres étages (Givetien, Frasnien et Famennien) constituent encore la terminologie utilisée, néanmoins certaines assises ou parties de celles-ci ne correspondent plus nécessairement au découpage stratigraphique actuel. Lorsqu'une correspondance avec des formations définies actuellement est possible, la correspondance des assises et des formations est alors effectuée dans le texte.

III.2.1.1.1. Dévonien

Les roches dévoniennes affleurent principalement dans la partie nord de la carte, ainsi qu'au cœur de quelques anticlinaux au sud et à l'ouest de la carte (*Figure III.2*). Dans la partie septentrionale, ces roches sont associées à un ensemble de plis. Les principaux anticlinaux sont ceux de Lustin, de Godinne, d'Harnoi et de Dorinne, tandis que les principaux synclinaux sont ceux de Rivière, des Loges et de Chansin. Dans la partie sud et ouest de la carte, les anticlinaux dévoniens sont ceux de Loyf (anciennement Loyers), de Chènoi, de Salet, de Denée et du Bois de Neffe.

III.2.1.1.1.1. Dévonien inférieur

Le Dévonien inférieur de la carte Bioul - Yvoir est constitué des étages Coblencien (Cb3) et Burnotien (Bt).

III.2.1.1.1.1.1. Etage Coblencien

Seule la partie supérieure de l'étage Coblencien affleure sur la carte 53/3-4, au niveau du cœur de l'anticlinal de Lustin, situé sur le bord nord de la carte (*Figure III.2*). A cet endroit, il est caractérisé par des bancs, souvent lenticulaires, de quartzites et de grès, dits de Wépion, avec des intercalations de schistes. Ces grès et quartzites correspondent à la Formation (Fm) de Wépion dans la nouvelle nomenclature.

Puisque la base de cet étage n'est pas observée à l'affleurement, il est difficile d'en estimer l'épaisseur, néanmoins, sur la carte géologique située au nord (Malonne - Naninne 47/7-8), l'épaisseur de la Fm de Wépion a été estimée à 300 m par Godefroid *et al.* (1994).

Tableau III.1 : Tableau lithostratigraphique de la carte de Bioul – Yvoir (d'après Soreil *et al.*, 1908).

ERE	SYSTEME	ETAGE	ASSISE	Lithologie (description de la carte géologique de Soreil <i>et al.</i> , 1908)	Abréviation (1908)	
QUATERNAIRE	HOLOCENE			Alluvions modernes des vallées	alm	
CENOZOIQUE	OLIGOCENE			Argiles plastiques d'Andenne	Ona	
				Amas de cailloux, sables fins et poudingue à la base	Onx, Om	
PALEOZOIQUE	CARBONIFERE	HOULLER		Schistes siliceux et phtanites	H1a	
		VISEEN	Visé	Calcaires, brèches calcaires	V2c	
				Calcaires et brèches	V2b	
				Calcaires	V2a	
				Dinant	Calcaire (V1b), dolomies (V1by) "Marbre" de Dinant souvent dolomitisé (V1a)	V1
		TOURNAISIEN	Ecaussines Waulsort		Dolomies, calcaires	T2
				Hastière	Calcschistes et calcaires argileux	T1c
			Schistes		T1b	
			Calcaires, calcaires avec intercalations de schistes		T1a	
	DEVONIEN		FAMENNIEN	Eviéux	Psammites et schistes, schistes noduleux ou macignos	Fa2c
		Monfort		Grès et psammites	Fa2b	
		Souverain Pré		Macignos ou schistes noduleux, psammites et schistes vers le haut	Fa2a	
		Esneux		Psammites schistoïdes, psammites grésiformes et schistes	Fa1c	
		Mariembourg		Schistes et psammites	Fa1b	
		Senzeilles		Schistes	Fa1a	
		FRASNIEN	Laneffe	Schistes	Frd	
			Marbre de Florence	Calcaires	Frcm	
			Thy-le-Baudouin	Calcaires	Frc	
			Gougnies	Calcaires, schistes et dolomies	Frb	
			Gourdinne	Schistes et macignos	Fra	
				Macignos, schistes et calcaires	Gvb	
		GIVETIEN		Calcaires	Gva	
				Grès, schistes, macignos Calcaires	Cob	
		COUVINIEN		Schistes, psammites, grès Poudingue de Tailfer	Coa	
		BURNOTIEN		Poudingues, grès et schistes	Bt	
		COBLENCIEN		Grès et schistes	Cb3	

III.2.1.1.1.2. Etage Burnotien

Le Burnotien est constitué de schistes, de grès et de conglomérats (poudingues). Le Burnotien correspond à la Fm de Burnot dans la nouvelle nomenclature. Les roches du Burnotien affleurent au sein des anticlinaux de Lustin et celui de Godinne, dans la partie nord de la carte (*Figure III.2*).

L'épaisseur de cette unité est estimée entre 450 et 535 m (*Asselberghs, 1954 ; Waterlot et al., 1973*).

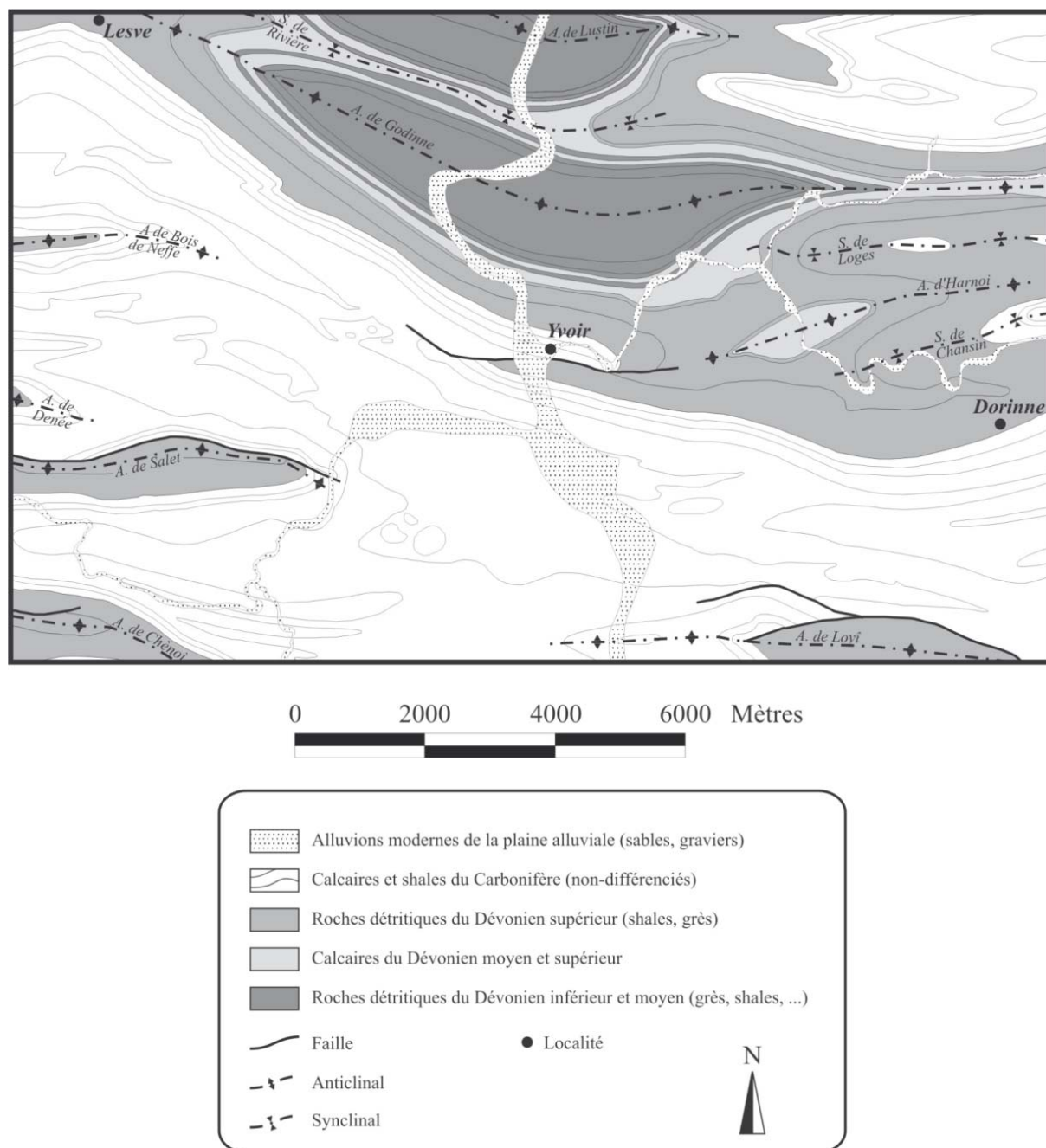


Figure III.2 : Carte géologique simplifiée de la planche Bioul-Yvoir 53/3-4, reprenant essentiellement les aires d’affleurements des roches du Dévonien.

III.2.1.1.1.2. Dévonien moyen

Le Dévonien moyen, sur la carte de Bioul - Yvoir, est constitué des étages Couvinien (Co) et Givetien (Gv).

III.2.1.1.1.2.1. Couvinien

L'Etage Couvinien est constitué par le Couvinien inférieur (Coa) et le Couvinien supérieur (Cob). Les principaux affleurements de cet étage se trouvent sur les flancs des anticlinaux

de Lustin et de Godinne (*Figure III.2*). Le Couvinien correspond la Fm de Rivière dans la nouvelle nomenclature.

Le **Coa** est constitué à sa base par un conglomérat (poudingue à ciment clair de Tailfer) surmonté par des schistes, des psammites et des grès.

Le **Cob** est constitué par des grès, des schistes, des calcaires et des grès à ciment calcaire (macigno).

L'épaisseur du Couvinien est estimée à 150 m ; 100 m pour le Coa et 50 m pour le Cob.

III.2.1.1.1.2.2. Givetien

L'Etage Givetien est constitué par le Givetien inférieur (Gva) et le Givetien supérieur (Gvb). Les roches du Givetien sont uniquement observées autour des anticlinaux de Lustin et de Godinne. Le Givetien correspond aux Fm de Nèvreumont et de Roux dans la nomenclature actuelle.

Le **Gva** est composé de gros bancs de calcaire massif.

Le **Gvb**, parfois appelée assise de Mazy, se caractérise par des grès à ciment calcaire (macigno), des schistes et des calcaires.

Le Givetien totalise une épaisseur d'environ 150 m.

III.2.1.1.1.3. Dévonien supérieur

Le Dévonien supérieur est constitué par le Frasnien (Fr) et le Famennien (Fa).

III.2.1.1.1.3.1. Frasnien

Le Frasnien dans la bordure nord de l'Allochtone ardennais est constitué par une alternance de niveaux de schistes et de calcaires. Sur la carte de Bioul – Yvoir, se retrouve successivement :

- l'assise de Gourdinne (Fra) composée de grès à ciment calcaire (macignos) et de schistes. Ces deux lithologies sont parfois accompagnées de lits ou lentilles d'hématite oolithique ;
- l'assise de Gougnyes (Frb) constituée par des schistes, des calcaires et des dolomies ;
- les calcaires du Frcm appelés « marbre de Florence » ;
- l'assise de Thy-le-Bauduin (Frc) constituée par des calcaires massifs ;
- l'assise de Laneffe (Frd) constituée par des schistes à nodule calcaires.

L'épaisseur totale de l'étage Frasnien est supérieure à 200 m. Plus de la moitié de cette épaisseur est constituée par les assises calcaires Frb, Frcm et Frc. Les zones d'affleurements de ces assises, sur la planchette Bioul-Yvoir, se situent au cœur du synclinal de Rivière, autour des anticlinaux de Lustin et de Godinne, ainsi qu'au cœur de l'anticlinal d'Harnoi (*Figure III.2*).

Dans la nomenclature actuelle l'assise de Gourdinne est équivalente à la Fm de Nismes, les assises de Gougny et de Thy-le-Bauduin ainsi que le « marbre de Florence » correspondent à la Fm de Lustin et l'assise de Lanefte est composée de la Fm d'Aisemont (**Boulvain et al., 1999**).

III.2.1.1.1.3.2. Famennien

L'Étage Famennien, sur la carte Bioul - Yvoir, est subdivisé en 6 assises, qui sont, de la plus vieille à la plus jeune, l'assise de Senzeilles (Fa1a), l'assise de Mariembourg (Fa1b), l'assise d'Esneux (Fa1c), l'assise de Souverain-Pré (Fa2a), l'assise de Montfort (Fa2b) et l'assise d'Evieux (Fa2c). Les zones d'affleurement des roches famenniennes sont présentées à la *Figure III.2*.

L'**assise de Senzeilles** se compose de schistes à nodules carbonatés.

L'**assise de Mariembourg** est également composée de schistes avec quelques bancs gréseux ou carbonatés.

La distinction entre ces deux assises est difficile à établir sur le terrain et actuellement elles sont réunies au sein de la Fm de la Famenne, dont l'épaisseur est estimée, dans le nord de l'Allochtonne ardennais, à environ 55 m.

L'**assise d'Esneux** se compose de siltites et de grès en bancs centimétriques à décimétriques et accompagnés de mica et de feldspath. Actuellement cette assise correspond à la Fm d'Esneux. L'épaisseur de cette assise varie entre 100 et 200 m.

L'**assise de Souverain-Pré** se caractérise par des grès argilo-calcaires et des schistes à nodules calcaires passant à des psammites et des schistes vers le haut. Actuellement cette assise correspond à la Fm de Souverain-Pré. L'épaisseur totale de l'assise est variable mais se situerait dans une fourchette de 50 à 120 m.

L'**assise de Montfort** est composée par des grès micacés (psammites) en bancs métriques à plurimétriques. Actuellement cette assise correspond à la Fm de Montfort. L'épaisseur de cette assise atteindrait environ 170 m.

L'**assise d'Evieux** se caractérise par une alternance de psammites intercalés de schistes et, vers le sommet, de niveaux de macignos. Actuellement cette assise correspond à la Fm de Ciney. L'épaisseur de cette assise est de l'ordre de 120 à 200 m.

III.2.1.1.2. Carbonifère

Le Carbonifère de la carte Bioul – Yvoir se compose des étages Tournaisien (T), Viséen (V) et Houiller inférieur (H1). Les roches du Carbonifère affleurent principalement dans le complexe synclinal d'Ivoi et dans la partie sud de la carte. Le complexe synclinal d'Ivoi se compose des synclinaux d'Hôyemont et de Baive séparés par l'anticlinal d'Ivoi (*Figure III.3*).

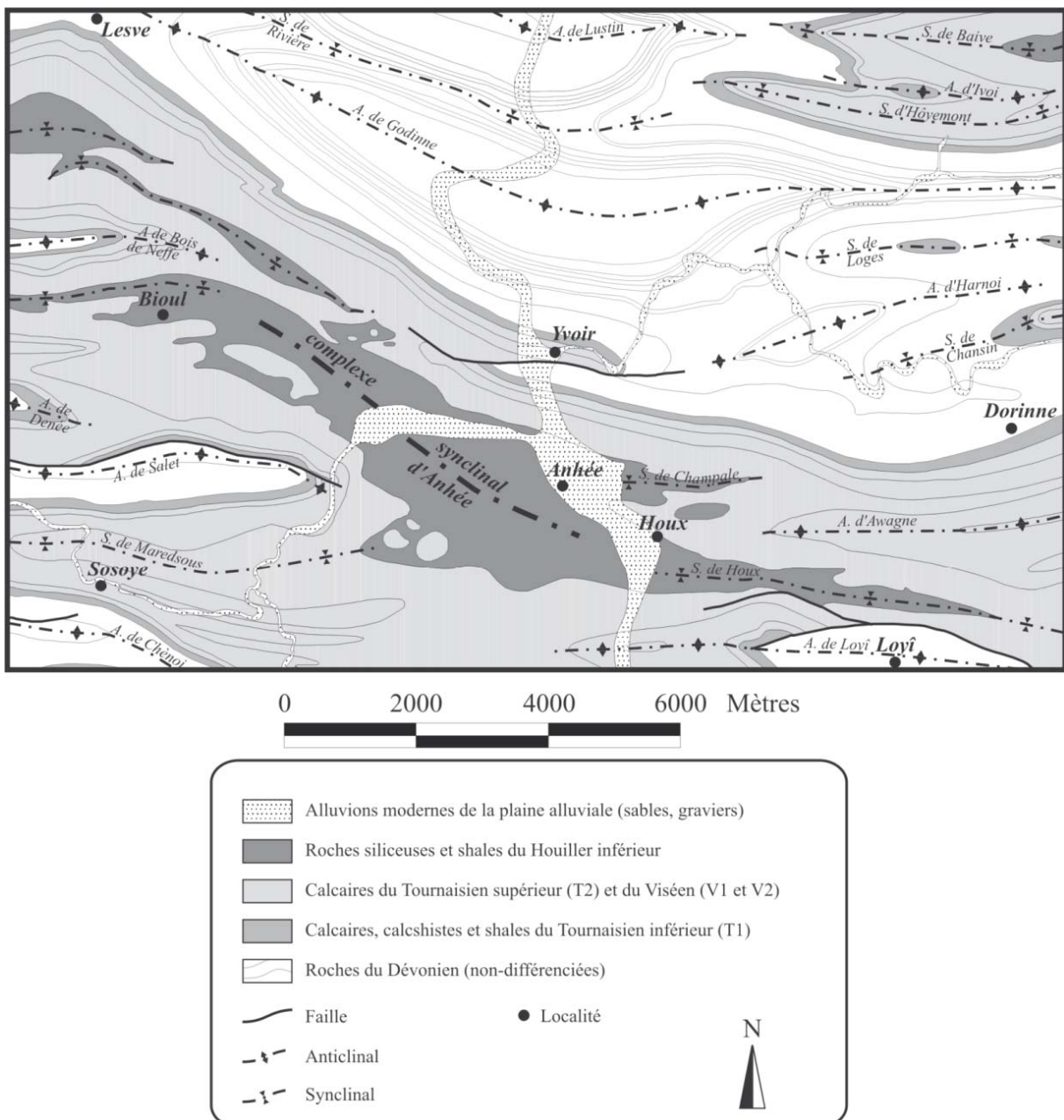


Figure III.3 : Carte géologique simplifiée de la planche 53/3-4 de Bioul-Yvoir reprenant essentiellement les affleurements de roches carbonifères.

III.2.1.1.2.1.1. Etage Tournaisien

Le Tournaisien est divisé en deux assises : celle d'Hastière (Tournaisien inférieur, T1) et celle des Ecaussines et de Waulsort (Tournaisien supérieur, T2). Les principaux affleurements du Tournaisien, sur la carte Bioul - Yvoir, se situent au sud de la bande famennienne « Lesve-Yvoir-Dorinne » et sur les flancs du complexe synclinal d'Ivoi. A l'est de la carte, au niveau des synclinaux des Loges et de Chansin (*Figure III.3*), les roches tournaisiennes constituent localement le cœur des plis.

L'**assise d'Hastière**, dont l'épaisseur est d'environ 100 m, est divisée en trois unités, T1a, T1b et T1c :

- le T1a est constitué de calcaires intercalés de niveaux schisteux. Cette unité correspond, dans la nomenclature actuelle à la Fm d'Hastière ;
- le T1b est composé de schistes et constitue l'équivalent actuel de la Fm du Pont d'Arcole ;
- le T1c est constitué de calcschistes et de calcaires argileux. Cette unité correspond actuellement aux formations de Landelies et de Maurenne.

Les formations d'Hastière et du Pont d'Arcole forment le Groupe d'Anseremme (ANS) tandis que celles de Landelies et de Maurenne forment le Groupe de la Station de Gendron (SGD).

L'**assise des Ecaussines et de Waulsort** (T2a, T2ay, T2bl, T2b) se caractérisent par une alternance de calcaires et de dolomies accompagnés de cherts. Au sein de cette assise s'intercalent des récifs de type « waulsortiens »¹. L'épaisseur de l'assise des Ecaussines et de Waulsort est de l'ordre de 80 m. Cependant, suite à la présence ou non des récifs waulsortiens, l'épaisseur de cette assise peut varier de manière importante d'une région à une autre.

Les formations de Bayard, de Waulsort, de Leffe et la base de la Fm de la Molinee constituent les équivalents actuels du Tournaisien supérieur (T2).

III.2.1.1.2.1.2. Etage Viséen

Le Viséen est composé du Viséen inférieur (V1), ou assise de Dinant, et du Viséen supérieur (V2), ou assise de Visé. Ces assises affleurent majoritairement dans le sud de la carte Bioul – Yvoir, où elles forment une bande d'environ 6 km de largeur, s'étendant entre le Sud de Lesve et la localité de Sosoye, en rive gauche de la Meuse, et entre le Sud de Dorinne et le Nord de Loyî, en rive droite de la Meuse. La partie centrale de la bande calcaire est

¹ Paproth et al. (1983a) ; Hance et al. (2001) ; Poty et al. (2001).

recouverte par les roches du Houiller inférieur. L'autre zone d'affleurement des roches viséennes se situe au cœur du complexe synclinal d'Ivoi.

L'**assise de Dinant** se compose de calcaires souvent dolomités (V1ay), de dolomies (V1by) et de calcaires (V1b). L'épaisseur de cette assise est estimée à environ 180 m. Cette assise se compose actuellement de la Fm de la Molinee.

L'**assise de Visé** comprend successivement des calcaires parfois oolithiques (V2a), deux unités de brèche calcaire (V2bx et V2cx) séparées par des calcaires (V2b) et, au sommet, des calcaires accompagnés de lits d'antracite (V2c). L'épaisseur du Viséen supérieur est d'environ 170 m mais peut varier selon les régions puisque le sommet du Viséen est séparé du Houiller inférieur (H1) par un hiatus. Le contact entre le V2 et le H1 est caractérisé par une surface d'érosion et une karstification des calcaires du V2. Cette assise se compose des formations de Neffe, de Lives et du Groupe du Hoyoux.

III.2.1.1.2.1.3. Etage Houiller

Le Houiller de la carte Bioul - Yvoir est uniquement constitué de sa partie inférieure, le H1, représenté actuellement par le Groupe Houiller. Le H1 forme le « complexe » synclinal d'Anhée (*Figure III.3*) qui rassemble toute une série de petites structures synclinales et anticlinales. Entre Bioul et Houx, le complexe synclinal d'Anhée forme une bande continue d'affleurements, qui atteint une largeur maximale d'un peu moins de 3 km à proximité de la localité d'Anhée. La seconde région d'affleurements des roches du Houiller inférieur se situe à l'extrémité NE de la carte, au cœur du complexe synclinal d'Ivoi.

Le **Houiller inférieur** se marque par le dépôt de roches siliceuses et de phtanites. Certaines de ces roches remplissent des poches karstiques développées au sommet des calcaires du Viséen supérieur (*Paproth et al., 1983b*). On observe également de nombreux horizons de schistes et quelques niveaux gréseux. L'épaisseur du H1 est inconnue puisque les roches du Houiller supérieur n'ont pas été observées dans la région de Bioul-Yvoir.

III.2.1.2. Cénozoïque

Le Cénozoïque de la carte Bioul - Yvoir est composé de sédiments d'âge oligocène et holocène.

III.2.1.2.1. Oligocène

L'Oligocène de la carte de Bioul - Yvoir est composé d'un assemblage hétérogène de sables (Onm et Ons), de gravier (Onx) et d'argiles (Ona). Ces sédiments comblent les paléokarsts développés dans les calcaires carbonifères et correspondent à l'actuelle Formation de l'Entre-Sambre-et-Meuse.

III.2.1.2.2. *Holocène*

Les dépôts holocènes se présentent sous deux formes principales :

1. dans les zones de plateau, une couche de limons éoliens (q3m), pouvant atteindre quelques mètres d'épaisseur, recouvre les roches dévono-carbonifères et oligocènes ;
2. dans les fonds de vallées, des alluvions récentes (alm) sont observées. Elles sont constituées de galets, de graviers, de sables, d'argiles et de limons. Ils sont le résultat de l'érosion du substrat local et régional. Leur texture est assez variable et un même profil peut présenter des couches successives très différentes.

Dans la vallée de la Meuse, la largeur de la plaine alluviale varie selon les roches recoupées par le fleuve. Par exemple au droit de l'anticlinal de Lustin, la présence des quartzites et poudingues du Coblencien et du Burnotien conduit à une plaine alluviale étroite (~200 m), alors qu'elle atteint environ 1 km au cœur des roches peu résistantes du Houiller inférieur. La plaine alluviale s'élargit également au niveau des confluences de la Molinee et du Bocq avec la Meuse.

III.2.2 Cadre structural

Les terrains de la région Bioul - Yvoir sont situés dans la partie septentrionale de l'*Allochtone ardennais*. Les déformations qui les affectent (plis, failles) sont liées au charriage vers le nord du bloc plissé ardennais sur les *Ecailles et massifs renversés de Haine-Sambre-Meuse*, par le jeu de la Faille du Midi ou Faille Eifélienne. Le plissement des formations s'accompagne d'un éventail de structures tectoniques secondaires, comme les failles de chevauchement, parallèles aux structures plissées.

III.2.2.1. *Cadre géodynamique*

La zone couverte par cette carte appartient au domaine rhéno-hercynien, zone externe nord des Variscides. Cette position externe explique l'âge tardi-paléozoïque des déformations majeures rattachées à la phase asturienne débutant à la fin du Silésien. C'est à cette époque que le bloc plissé ardennais (*Allochtone Ardennais*) a été charrié vers le nord par l'intermédiaire de la *Faille du Midi* sur une série d'écailles empilées (*Ecailles et massifs renversés de Haine-Sambre-Meuse*). Ces dernières reposent sur le *Parautochtone Brabançon* (Belanger et al., 2012).

Les principales structures observées sur la carte sont des plis et des failles de charriages. Les plis ont une direction variable selon les endroits, puisque la région de Bioul-Yvoir

correspond à une virgation importante qui affecte l'ensemble de la partie nord de l'Allochtone ardennais :

- dans les parties sud-ouest et est de la carte (Figure III.4), les plis ont une direction globalement E-W ;
- dans la partie nord-ouest et centrale de la carte, la direction est NW-SE.

Ce changement de direction des structures est, par exemple, bien mis en évidence par l'anticlinal de Godinne, qui montre une orientation NW-SE en rive gauche de la Meuse, et E-W en rive droite (Figure III.4).

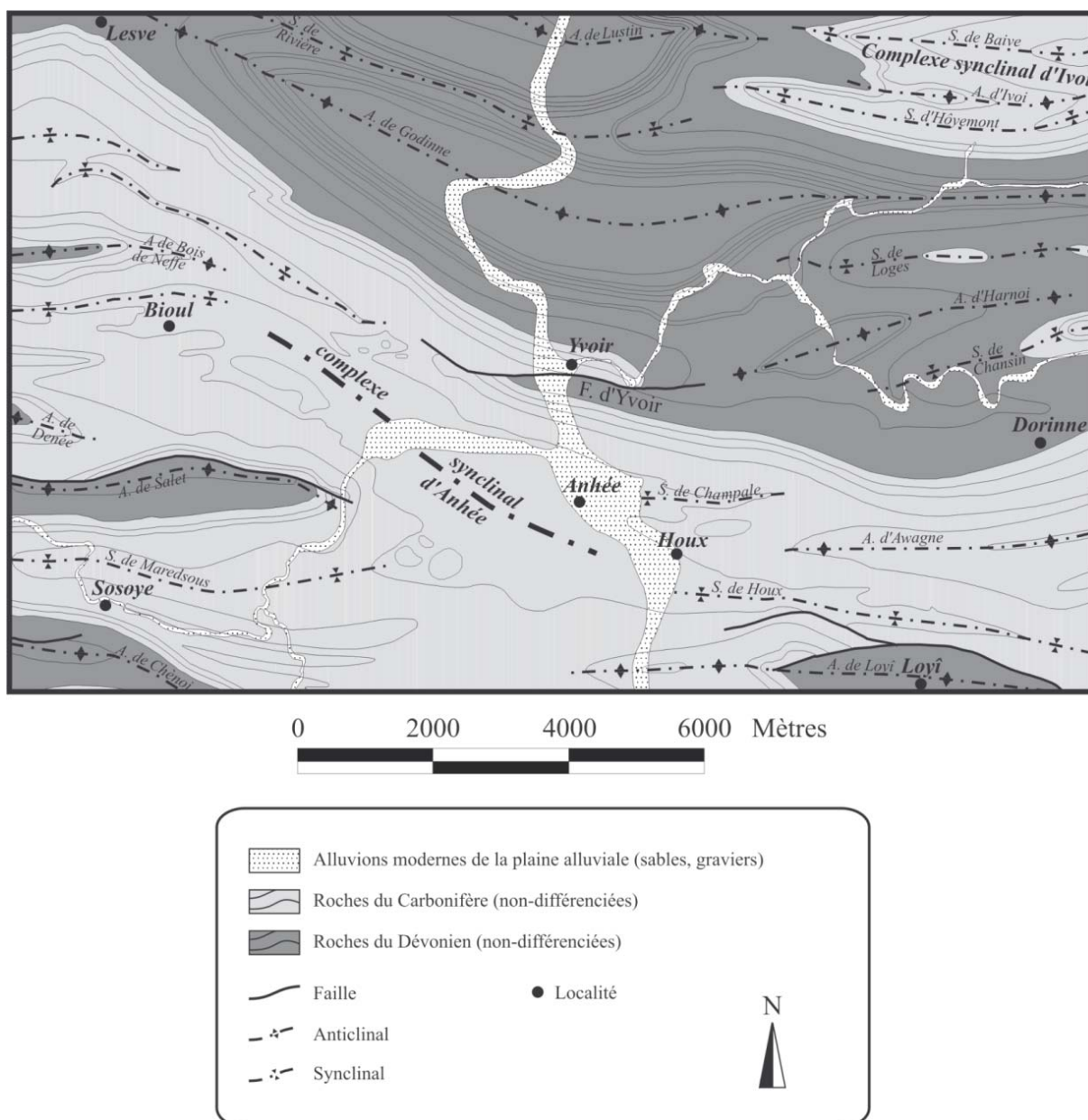


Figure III.4 : Carte structurale simplifiée de la planche 53/3-4 de Bioul-Yvoir.

Latéralement, les axes des plis ne peuvent généralement pas être suivis au-delà de quelques kilomètres et le sens de l'ennoyage est variable vers l'est ou l'ouest pour les plis de direction E-W ou vers le nord-ouest ou le sud-est pour les plis de direction NW-SE. On observe donc un ensemble complexe de structures dites périsingclinales ou périanticlinales.

Les principales failles sont longitudinales, à pendage sud et de charriage. Elles recourent le flanc nord des anticlinaux et mettent généralement en contact les roches du Famennien avec celles du Carbonifère.

La faille d'Yvoir, au centre de la carte (*Figure III.4*), charrie les roches du Famennien sur celles du Carbonifère et provoque une réapparition de roches famenniennes (bande de Lesve-Dorinne).

Aucune faille transversale n'est décrite sur la planchette, cependant elles ne sont pas à exclure, puisque les travaux récents de cartographie géologique sur la carte au sud (Hastière – Dinant 57/3-4) et à l'ouest (Biesme – Mettet 53/1-2) ont montré que de tels accidents sont ubiquistes à travers l'Allochtone Ardennais.

D'un point de vue structural et lithologique, la carte Bioul-Yvoir peut être divisée en deux grandes zones selon une diagonale grossièrement NW-SE :

1. La Zone sud (*Figure IV.18, p. 41*) : celle-ci correspond aux roches du Famennien, du Tournaisien, du Viséen et du Houiller inférieur, de nature principalement calcaire (Tournaisien, Viséen) et minoritairement schisteuse (Famennien, Houiller inférieur). Cette Zone « sud » comprend donc les calcaires carbonifères de la partie NE de la carte ;
2. La Zone nord (*Figure IV.22, p. 45*) : cette dernière regroupe majoritairement l'ensemble des roches détritiques du Dévonien inférieur, composées de schistes et de grès.

La limite entre ces deux zones est fixée arbitrairement par le contact dévono-carbonifère, le long de la bande Lesve-Dorinne, en passant par Yvoir.

IV. CADRE HYDROGÉOLOGIQUE

A l'échelle de la Wallonie (*Figure IV.1*), la carte se situe à cheval sur deux formations aquifères principales : le "Socle cambro-silurien et Massifs schisto-gréseux du Dévonien (Primaire)" et les "Calcaires du Primaire".

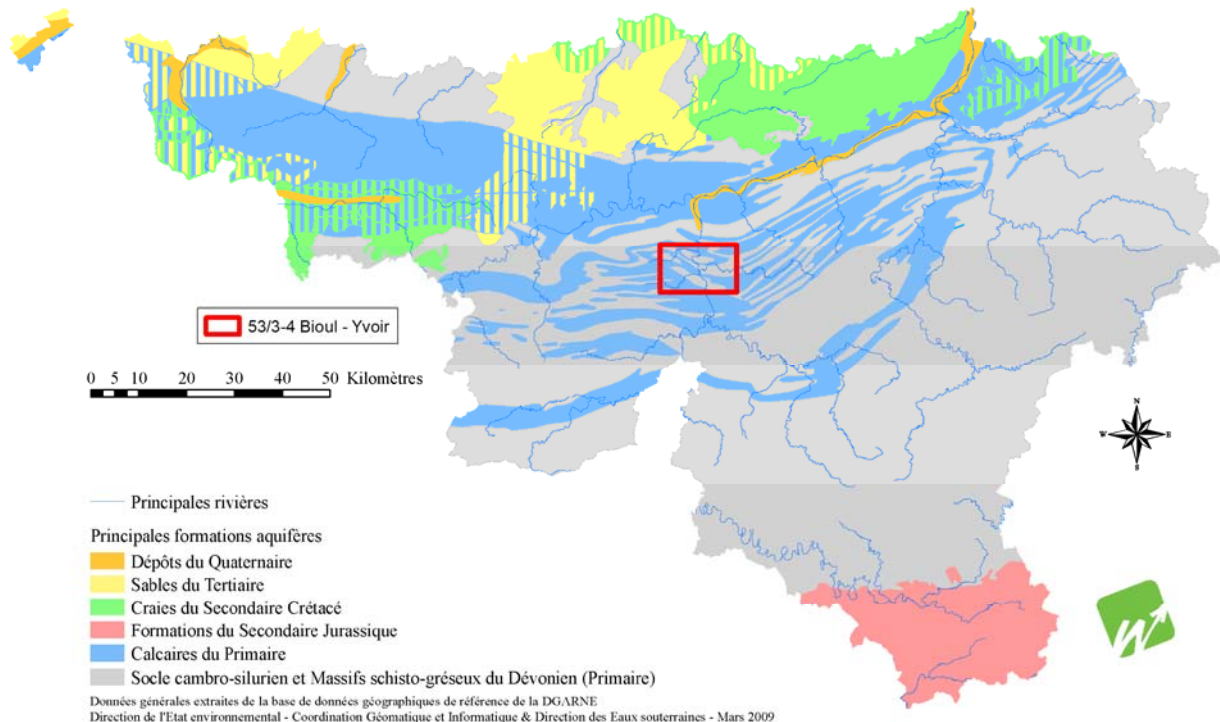


Figure IV.1 : Localisation de la planche 53/3-4 dans le contexte hydrogéologique de la Wallonie (SPW-DGO3, 2012)

A l'échelle de la Wallonie, les **Calcaires du Primaire** regroupent les calcaires du Carbonifère et du Dévonien. Les calcaires carbonifères s'étendent depuis la région de Lille jusque Namur, puis se prolonge vers Visé en suivant la Meuse. Ces calcaires renferment l'aquifère le plus important en Région wallonne. Il se prolonge en Flandre et en France. L'aquifère des Calcaires du Primaire alimente également en partie la région Bruxelloise.

Les **Massifs schisto-gréseux du Dévonien** rassemblent les schistes, les phyllades, les grès, les quartzophyllades et les quartzites fissurés du Dévonien. Bien qu'étendu, il possède une faible capacité en comparaison de la nappe des **Calcaires du Primaire**. La nappe est contenue dans les zones superficielles, fissurées et altérées, et est souvent captée par drains et/ou par galeries mais aussi par des puits.

Au niveau de la carte Bioul - Yvoir, des nappes sont présentes dans toutes les formations géologiques affleurant dans la région. Leur comportement et leur productivité sont cependant fortement conditionnés par la nature et la structure de la roche dans laquelle l'eau est stockée. C'est pourquoi les formations géologiques sont regroupées en unités

hydrogéologiques, chacune étant caractérisée par un comportement hydrodynamique qui lui est propre en fonction de sa lithologie.

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

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

Ces définitions assez subjectives sont à manipuler avec précaution. Elles sont utilisées ici afin de renseigner, à une échelle régionale, sur le caractère globalement perméable, semi-perméable ou imperméable d'un ensemble de couches géologiques. Elles donnent une idée du potentiel économique que représentent les différentes unités hydrogéologiques en termes d'exploitation. Elles se basent principalement sur la description lithologique de ces unités. Il est important de noter que les différentes formations sont constituées de roches cohérentes dont le potentiel hydrogéologique dépend fortement du degré de fracturation-fissuration et/ou d'altération.

Les failles, fréquemment minéralisées (barite et calcite), peuvent constituer des zones de circulation préférentielles des eaux souterraines, du moins dans les calcaires et les grès.

IV.1. DESCRIPTION DES UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES

Les unités hydrogéologiques définies pour la carte Bioul - Yvoir sont décrites ci-dessous dans l'ordre stratigraphique, de la plus ancienne à la plus récente. Elles sont reprises de manière synthétique dans le [Tableau IV.1](#), présent également sur le poster A0 accompagnant cette notice explicative.

Tableau IV.1 : Tableau de correspondances lithostratigraphie - hydrogéologie de la carte Bioul – Yvoir.

ERE	SYSTEME	ETAGE	ASSISE	Lithologie (description de la carte géologique de Soreil <i>et al.</i> , 1908)	Abréviation (1908)	Unité hydrogéologique (1908)	
QUATERNAIRE	HOLOCENE			Alluvions modernes des vallées	alm	Aquifère alluvial	
CENOZOIQUE	OLIGOCENE			Argiles plastiques d'Andenne	Ona	Aquiclude de argiles de remplissage	
				Amas de cailloux, sables fins et poudingue à la base	Onx, Om	Aquifère des sables de remplissage	
PALEOZOIQUE	CARBONIFERE	HOULLER		Schistes siliceux et phtanites	H1a	Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller	
		VISEEN	Visé	Calcaires, brèches calcaires	V2c	Aquifère des calcaires du Carbonifère	
				Calcaires et brèches	V2b		
				Calcaires	V2a		
				Calcaire (V1b), dolomies (V1by) "Marbre" de Dinant souvent dolomitisé (V1a)	V1		
		TOURNAISIEN	Ecaussines Waulsort	Dolomies, calcaires	T2	Aquifère-aquitard-aquiclude de l'Hastarien	
			Hastièrre	Calcschistes et calcaires argileux	T1c		
				Schistes	T1b		
				Calcaires, calcaires avec intercalations de schistes	T1a		
		DEVONIEN	FAMENNIEN	Evièux	Psammites et schistes, schistes noduleux ou macignos	Fa2c	Aquifère des grès du Famennien
	Monfort			Grès et psammites	Fa2b	Aquitard du Famennien	
	Souverain Pré			Macignos ou schistes noduleux, psammites et schistes vers le haut	Fa2a		
	Esneux			Psammites schistoïdes, psammites grésiformes et schistes	Fa1c		
	Mariembourg			Schistes et psammites	Fa1b	Aquiclude du Famenien	
	FRASNIEN		Senzeilles	Schistes	Fa1a	Aquiclude du Frasnien	
			Laneffe	Schistes	Frd		
			Marbre de Florence	Calcaires	Frcm	Aquifère des calcaires du Frasnien	
			Thy-le-Baudouin	Calcaires	Frc		
			Gougnies	Calcaires, schistes et dolomies	Frb		
			Gourdinne	Schistes et macignos	Fra	Aquiclude du Frasnien	
			GIVETIEN		Macignos, schistes et calcaires	Gvb	Aquifère des calcaires du Givetien
					Calcaires	Gva	
	COUVINIEN			Grès, schistes, macignos Calcaires	Cob	Aquitard de l'Eifelien	
			Schistes, psammites, grès Poudingue de Tailfer	Coa			
BURNOTIEN		Poudingues, grès et schistes	Bt	Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur			
COBLENCIEN		Grès et schistes	Cb3	Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur			

IV.1.1 Paléozoïque

IV.1.1.1. Aquifère à niveaux aquiclude du Dévonien inférieur

L'Aquifère à niveaux aquiclude du Dévonien inférieur est composé du Coblencien supérieur (Cb3) constitué des quartzites et grès de Wépion dans lesquels s'intercalent des niveaux de schiste. Les premiers, lorsqu'ils sont suffisamment fracturés, présentent une bonne perméabilité. Les schistes, imperméables, forment les niveaux aquicludes de cette unité.

IV.1.1.2. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

L'Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur est composé du Burnotien (Bt), caractérisé par un ensemble de roches alternant niveaux de schistes, de grès et de conglomérats, conférant une perméabilité moyenne à l'ensemble.

IV.1.1.3. Aquitard de l'Eifelien

L'Aquitard de l'Eifelien est composé de l'étage Couvinien (Coa et Cob), caractérisé par une alternance de roches de très faible perméabilité (schistes) et de meilleure perméabilité suivant leur taux de fracturation (grès, psammite, calcaire). L'ensemble donne une unité au potentiel moyen de type aquitard. Les niveaux de calcaire et de grès à ciment calcaire (macigno) représentent probablement les niveaux les plus productifs s'ils sont bien fracturés.

IV.1.1.4. Aquifère des calcaires du Givetien

L'Aquifère des calcaires du Givetien est composé de l'Etage Givetien (Gva et Gvb), caractérisé principalement par des calcaires. Ces derniers, s'ils sont fracturés et karstifiés, présentent une excellente perméabilité. La présence de niveaux de grès argilo-calcaires peut faire diminuer le potentiel de cette unité. Les niveaux de schistes, barrières imperméables au sein du Givetien supérieur, peuvent compartimenter l'aquifère.

IV.1.1.5. Aquiclude du Frasnien

L'Aquiclude du Frasnien est composé des schistes frasniens (Fra et Frd). Les schistes, imperméables, limitent très fortement le potentiel de ce type d'aquifère. De manière générale, la fracturation n'augmente pas énormément la perméabilité des aquifères schisteux car ces derniers s'altèrent en argiles qui colmateront les fractures.

IV.1.1.6. Aquifère des calcaires du Frasnien

L'Aquifère des calcaires du Frasnien est composé des niveaux calcaires du Frasnien (Frb et Frc). Comme pour les calcaires givetiens, la fracturation et la karstification aboutissent à une

excellente perméabilité. Les niveaux schisteux de la partie basale (Frb) peuvent en limiter le potentiel.

IV.1.1.7. Aquiclude du Famennien

L'Aquiclude du Famennien est composé des schistes du Famennien (Fa1a et Fa1b), de très faible perméabilité. La présence de psammites (Fa1b), de meilleure perméabilité après fracturation, ou de nodules calcaires (Fa1a), sensibles à la dissolution peut augmenter le potentiel de cette unité.

IV.1.1.8. Aquitard du Famennien

L'Aquitard du Famennien est composé des assises d'Esneux et de Souverain-Pré (Fa1c et Fa2a) caractérisées par des psammites, des macignos et des schistes. L'ensemble présente un potentiel moyen. La base de cette unité est probablement moins perméable que la partie supérieure qui renferme des macignos (grès argilo-calcaire). L'importance de la fraction carbonatée pourra, en cas de dissolution, augmenter la porosité de pores et ainsi augmenter la perméabilité.

IV.1.1.9. Aquifère des grès du Famennien

L'Aquifère des grès du Famennien est composé du Famennien supérieur (Fa2b et Fa2c) caractérisé par une proportion plus importante de grès, en comparaison du reste de l'Étage Famennien, en plus des macignos et des psammites. L'ensemble présente donc une perméabilité plutôt bonne. Les niveaux schisteux diminueront le potentiel de cette unité. Comme pour l'Aquitard du Famennien, l'importance de la fraction carbonatée pourra, en cas de dissolution, augmenter la porosité de pores et ainsi augmenter la perméabilité.

IV.1.1.10. Aquifère-aquitard-aquiclude de l'Hastarien

L'Aquifère-aquitard-aquiclude de l'Hastarien est composé des roches du Tournaisien inférieur (T1a, T1b et T1c) caractérisé par des calcaires intercalés de schistes. Les niveaux calcaires présenteront une excellente perméabilité, si fracturés et karstifiés, tandis que les niveaux schisteux, imperméables, constitueront des aquicludes qui compartimenteront les nappes des calcaires. La partie supérieure de cette unité (T1c), plus riche en calcaire argileux sera probablement moins productive car les argiles issues de l'altération combleront en partie les fractures.

IV.1.1.11. *Aquifère des calcaires du Carbonifère*

L'Aquifère des calcaires du Carbonifère est composé de l'ensemble des calcaires du Tournaisien supérieur (T2) et du Viséen (V1 et V2). Ces calcaires, fracturés et karstifiés, présentent généralement une excellente perméabilité.

IV.1.1.12. *Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller*

L'Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller est composé des roches détritiques du Houiller inférieur (H1). L'ensemble, plutôt dominé par les schistes, est imperméable (aquiclude) et les niveaux plus gréseux constitueront les niveaux plus perméables (aquifères).

IV.1.2 Cénozoïque

IV.1.2.1. *Aquifère des sables de remplissage*

L'Aquifère des sables de remplissage est composé par les sédiments sableux, de bonne perméabilité. Cet aquifère sera de faible potentiel cependant du fait de l'extension latérale faible de cette unité géologique remplissant d'anciens karsts.

IV.1.2.2. *Aquiclude des argiles de remplissage*

L'Aquiclude des argiles de remplissage est composé par les sédiments argileux, imperméables, remplissant les anciens karsts.

IV.1.2.3. *Aquifère alluvial*

L'Aquifère alluvial est composé des alluvions modernes. La conductivité hydraulique des alluvions est fonction de leur granulométrie puisqu'il s'agit de roches meubles. Les zones sablo-graveleuses seront plus perméables que les zones limono-argileuses. Ces sédiments peuvent donc former des aquifères locaux. Néanmoins, vu leur faible épaisseur et la nature souvent argileuse des formations avoisinantes, les potentialités hydrogéologiques des alluvions doivent être limitées.

IV.2. PHÉNOMÈNES KARSTIQUES

Les calcaires dévono-carbonifères de la carte Bioul - Yvoir sont, comme la plupart des formations carbonatées que l'on rencontre en Wallonie, plus ou moins karstifiés. En effet, l'intense fracturation de ces roches, liée au plissement hercynien, et la forte solubilité des carbonates qui les constituent permettent la formation de réseaux de pertes, de dolines et de cavités souterraines, au développement parfois plurikilométriques.

Les massifs calcaires karstifiés présentent des perméabilités assez élevées qui permettent généralement d'y exploiter de gros volumes d'eau en vue, notamment, d'une distribution

publique. Cette karstification implique aussi que ces aquifères sont d'une grande vulnérabilité face aux pollutions car malgré le rôle de filtre joué par la mince couverture du Cénozoïque, des eaux contaminées en surface sont susceptibles d'atteindre très rapidement la nappe en empruntant les réseaux karstiques, dont les pertes constituent les principaux points d'alimentation.

Sur la carte Bioul-Yvoir, aussi bien les calcaires dévoniens (givetiens et frasniens) que carbonifères (tournaisiens et viséens) présentent des phénomènes de karstification, cependant, les premiers le sont intensément comparativement aux seconds. Les données ci-dessous proviennent en grande partie de l'Atlas du Karst Wallon (**De Broyer et al., 1999 ; Michel et al., 2011 ; Michel et al., 2013**).

IV.2.1 Rive gauche de la Meuse

IV.2.1.1. Systèmes karstiques du bassin aval du Burnot

Le réseau karstique du bassin aval du Burnot, appelé aussi bassin de Burnot-Lesve (**Backaert, 2013**), concerne l'ensemble des phénomènes karstiques développés dans les calcaires, givetiens et frasniens, du flanc nord de l'anticlinal de Godinne et du flanc sud de l'anticlinal de Lustin (*Figure III.4*). Ce système karstique constitue un des plus importants systèmes de pertes-résurgences en Belgique (*Figure IV.2*). Il se compose d'un grand nombre de pertes, de 3 résurgences (la « Vilaine Source », la « Résurgence des Bâtis » et la « Source Bleue ») et de 2 rivières souterraines reconnues (les « liaisons n°1 et n°2 de la Lesve souterraine »). La tête de ce réseau se situe sur la carte Tamines - Fosses-la-Ville (47/5-6), traverse le coin sud-ouest de la carte Malonne - Naninne (47/7-8) et se termine sur la carte Bioul – Yvoir, entre les localités d'Arbre et de Rivière (*Figure IV.2*). Les connexions reconnues par traçage, à ce jour, indiquent que les écoulements souterrains dans les calcaires dévoniens du flanc nord du synclinal de Rivière et de l'anticlinal de Godinne, en rive gauche de Meuse, se font en direction de cette dernière, soit du NW vers le SE. Ces connexions karstiques peuvent être résumées de la manière suivante :

IV.2.1.1.1. La Vilaine Source

Les eaux qui résurgent à la « Vilaine source » proviennent de :

1. la « liaison n°2 de la Lesve souterraine » : ce collecteur se situe dans les calcaires frasniens (*Figure IV.2*) et collecte les eaux d'infiltration du vallon sec de Lesve ;
2. la liaison souterraine de Normont : ce collecteur se situe dans les calcaires frasniens (*Figure IV.2*) et collecte les eaux d'infiltration du versant nord de la rivière de Normont.

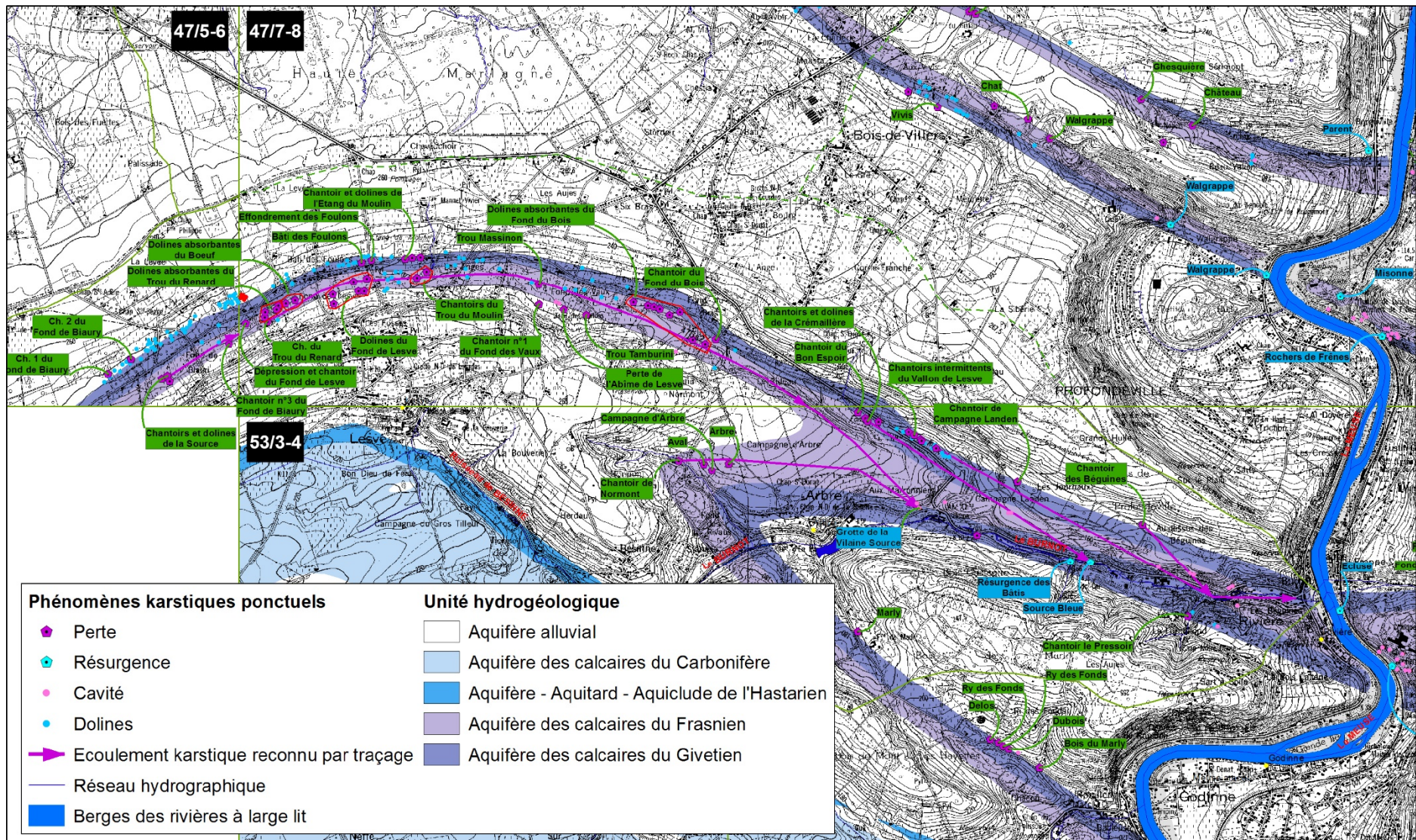


Figure IV.2 : Phénomènes karstiques du système de la vilaine Source.

Après quelques dizaines de mètres, les eaux qui résurgent à la « Vilaine Source » rejoignent le Burnot, 3 km avant sa confluence avec la Meuse.

La « liaison n°2 de la Lesve souterraine » ainsi que celle du Normont ont fait l'objet de plusieurs traçages (*voir VII.2 Paramètres de transport, p. 91*). Le *Tableau IV.2* résume les points d'injection et les points de sortie des traceurs ainsi que l'auteur du traçage.

Tableau IV.2 : Tableau récapitulatif des essais de traçage réalisés sur le réseau karstique de bassin de Burnot-Lesve.

Site d'injection	Site d'échantillonnage	Résultat	Référence	Distance (Km)	Temps de première arrivée (Hr)	Année de réalisation
Liaison n°2 de la Lesve Souterraine						
Chantoir du trou du Moulin	Vilaine Source	Positif	Van den Broeck, Martel et Rahir, 1910	/	/	1910
Abîme de Lesve	Vilaine Source	Positif	Société Spéléologique de Namur	4,0	24	1979
Chantoir du Trou du Renard	Vilaine Source	Positif	Backaert, 2013	5,75	20,5	Janvier 2011
Chantoir du Trou du Renard	Source Bleue	Négatif	Backaert, 2013	/	/	Janvier 2011
Chantoir du trou du Moulin	Vilaine Source	Positif	Backaert, 2013	4,27	17	Janvier 2011
Chantoir du trou du Moulin	Source Bleue	Négatif	Backaert, 2013	/	/	Janvier 2011
Trou Massinon	Abîme de Lesve	Positif	ESB	0,3	0,25	1958
Liaison n°1 de la Lesve Souterraine						
Doline absorbante du Fond du Bois	Vilaine Source	Négatif	Backaert, 2013	/	/	Janvier 2013
Doline absorbante du Fond du Bois	Source Bleue	Négatif	Backaert, 2013	/	/	Janvier 2013
Chantoirs intermittents du vallon de Lesve	Vilaine Source	Négatif	Backaert, 2013	/	/	Janvier 2013
Chantoirs intermittents du vallon de Lesve	Source bleue	Négatif	Backaert, 2013	/	/	Janvier 2013
Chantoir des Béguines	Source bleue	Négatif	Backaert, 2013	/	/	Mars 2013
Chantoir des Béguines	Burnot aval (au niveau du pont)	Positif	Backaert, 2013	/	19,5	Mars 2013
Chantoirs intermittents du vallon de Lesve	Burnot aval (au niveau du pont)	Positif	Backaert, 2013	/	40,5	Mars 2013
Chantoirs et doline de la Crémaillère	Source Bleue	Positif	Delbrouck	1,8	96	1975
Liaison souterraine « Normont-Vilaine Source »						
Chantoir du Normont	Vilaine Source	Positif	Backaert, 2013	1,97	9,25	Février 2013
Chantoir du Normont	Source Bleue	Négatif	Backaert, 2013	/	/	Février 2013

Les traçages effectués par Backaert (**2013**) semblent démontrer le rôle de seuil hydrogéologique de la Fm de Nismes, schisteuse, entre les calcaires du Frasnien et ceux du Givetien au niveau du vallon sec de Lesve. Des connexions hydrogéologiques peuvent néanmoins se produire à la faveur de failles. Ces traçages montrent que la « Vilaine

source » est, jusqu'à preuve du contraire, uniquement alimentée par la nappe des calcaires du Frasnien.

IV.2.1.1.2. *Résurgence sous-fluvial dans le Burnot*

Deux essais de traçage de Backaert (2013) ont démontré l'existence d'une circulation souterraine se produisant dans les calcaires du Givetien du flanc sud de l'anticlinal de Lustin (Figure IV.2), à partir des « Chantoirs et dolines de la Crémaillère » et des « Chantoirs intermittents de Lesve » (Figure IV.2), et une « résurgence » située dans le Burnot. La localisation de cette résurgence n'est pas connue mais se situerait en aval de la « Source Bleue ». Cette circulation pourrait représentée le dernier tronçon de la « liaison n°1 de la Lesve souterraine ».

IV.2.1.1.3. *La Source Bleue*

Une coloration, réalisée par la Société Spéléologique de Namur en 1979, semble établir le lien entre la « Source Bleue » et la circulation souterraine n°2 de Lesve des calcaires frasniens mais le traçage réalisé par Backaert (2013) ne confirme pas cette connexion.

Les eaux de la « Source Bleue » sont très probablement issues de la perte de la Burnette en partie. La connexion établie par la Société Spéléologique de Namur en 1979 pourrait dès lors être le résultat d'une arrivée du traceur à la « Vilaine Source » réabsorbé par la suite par la « perte de la Burnette » et non d'une connexion directe.

IV.2.1.1.4. *Chantoir le Pressoir*

En aval de la « Source Bleue » se trouve le « Chantoir le Pressoir » situé sur un petit affluent du Burnot, en rive droite. Ce chantoir est une perte partielle du ruisseau au contact des calcaires givetiens. En aout 2008 les eaux se perdaient 10 m en amont du chantoir. Un peu en aval, se trouve la « Double doline de Bois Laiterie », double dépression à flanc de talus en rive droite et 2 m au-dessus du vallon sec et prolongeant le « Chantoir du Pressoir ». Bien qu'il s'agisse de chantoirs fossiles, le chantoir amont absorbent encore de manière intermittente, via un petit point de perte, les eaux de ruissellement du versant est du vallon.

En conclusions, les eaux souterraines de l'Aquifère des calcaires du Frasnien du vallon sec de Lesve s'écoulent dans les calcaires frasniens en direction de la « Vilaine Source » en suivant la direction des couches géologiques. Les eaux qui résurgent à la « Vilaine Source » proviennent donc de la rivière souterraine de Lesve dans les calcaires frasniens (Liaison 2) mais également des eaux infiltrées dans les calcaires frasniens au niveau du « Chantoir de Normont », situé au dehors du bassin versant de la « Vilaine Source » (Backaert, 2013).

D'après Backaert (2013), la liaison souterraine n°1 de Lesve, s'écoulant dans les calcaires givetiens résurgerait dans le Burnot en aval de la « Source Bleue ».

L'Aquiclude du Frasnien (Fm de Nismes), présent entre les calcaires frasniens et les calcaires givetiens joue le rôle de barrière imperméable, du moins dans le vallon sec de Lesve car au-delà du Chantoir des Béguines, un ou des accidents structuraux de types failles sont à l'origine de la connexion entre les eaux souterraines des calcaires givetiens et celles des calcaires frasniens (**Backaert, 2013**).

Il ne semble pas exister de connexion entre la Vilaine Source et la Source Bleue.

IV.2.1.2. Flanc sud de l'anticlinal de Godinne

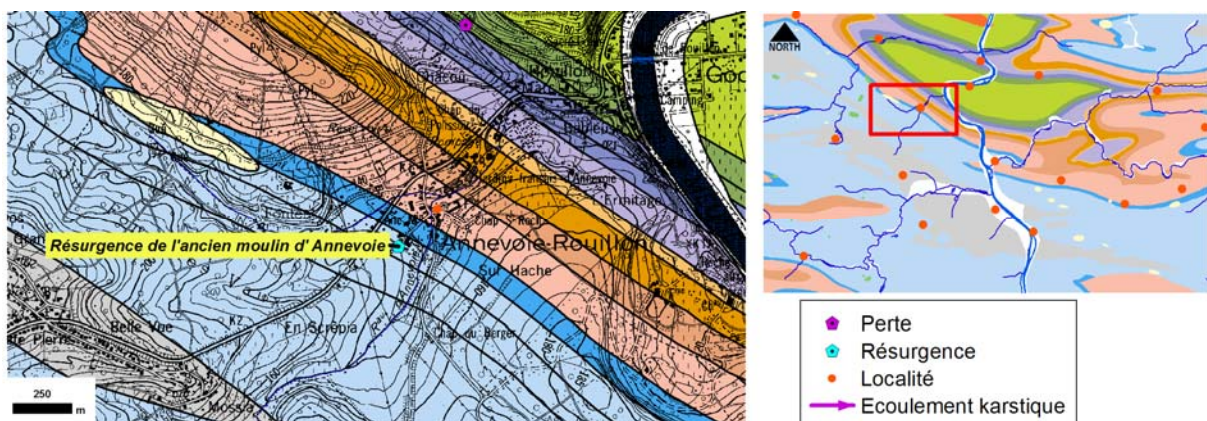
Sur le flanc sud de l'anticlinal de Godinne, à l'ouest de Godinne, se trouvent un ensemble de pertes localisées dans 6 chantoirs (*de la ferme de Marly, Delos, du Ry des Fonds, Dubois, du Petit Rosé et du Bois du Marly*) (Figure IV.2). Au vu de la direction des écoulements souterrains dans les calcaires du flanc nord de l'Anticlinal de Godinne, les écoulements souterrains dans le flanc sud doivent probablement se faire en direction de la Meuse, soit du NW vers le SE, mais cela reste à prouver par traçage.

IV.2.1.3. Les calcaires carbonifères en rive gauche de Meuse

Les quelques phénomènes karstiques trouvés dans les calcaires carbonifères en rive gauche de Meuse sont décrits, ci-dessous, du nord vers le sud et de l'est vers l'ouest.

IV.2.1.3.1. Annevoie-Rouillon

A Annevoie-Rouillon (Figure IV.3), la *Résurgence de l'ancien moulin d'Annevoie* (AKWA n°53/3-038) est une résurgence pérenne située dans l'axe d'un vallon sec.



IV.2.1.3.2. « Système » de la Mignée

Entre Bioul et Salet, le *Chantoir de la Grosse Epine* (AKWA n°53/3-046) est un chantoir intermittent (*Figure IV.4*) récoltant les eaux de ruissellement en provenance de la Fme de Bruant, située plus au nord.

Un peu plus au sud (*Figure IV.4*), l'*Ancien chantoir des Augelys* (AKWA n°53/3-048) est un ancien chantoir intermittent dans le lit du ruisseau dit de Bois Brulé, affluent de la Mignée en rive gauche, signalé par Van den Broeck *et al.* (1910). En avril 2001, un aqueduc passait sous la route mais des pertes diffuses s'observaient dans le lit du ruisseau.

A l'est de Salet, le *Chantoir de Warcha* (AKWA n°53/3-051) est un chantoir absorbant les eaux du ruisseau en provenance de la Fontaine de Warcha (*Figure IV.4*). En avril 2001, le ruisseau se perdait totalement dans le chantoir. Entre ce dernier et la source existent une zone marécageuse avec des pertes diffuses.

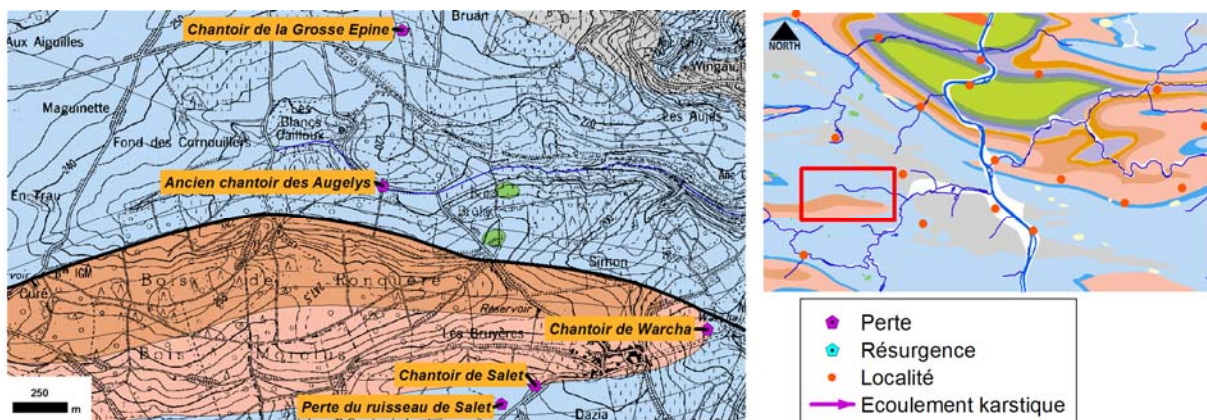


Figure IV.4 : Localisation du *Chantoir de la Grosse Epine* (AKWA n°53/3-046), de l'*Ancien chantoir des Augelys* (AKWA n°53/3-048), du *Chantoir de Warcha* (AKWA n°53/3-051), du *Chantoir de Salet* (AKWA n°53/3-055) et de la *Perte du ruisseau de Salet* (AKWA n°53/3-054) entre Bioul et Salet.

A l'ouest de Salet (*Figure IV.4*), le *Chantoir de Salet* (AKWA n°53/3-055) est une perte sous la forme d'une petite mare recueillant les eaux usées du village. Lors de fortes crues, cette mare déborde et les eaux se dirigent vers la *Perte du ruisseau de Salet* (AKWA n°53/3-054) et la carrière en aval du ruisseau de Salet. La *Perte du ruisseau de Salet* est une perte totale du ruisseau temporaire et des eaux de ruissellement descendant du lieu-dit des Bruyères.

Au SSE de Sosoye (*Figure IV.5*), trois pertes diffuses (*Pertes de l'affluent de La Forge*, AKWA n°53/3-058) se succèdent dans le lit du ruisseau intermittent dit de *L'affluent de la Forge* jusqu'à disparition complète de ce dernier. Ce ruisseau est un affluent en rive droite de la Mignée.

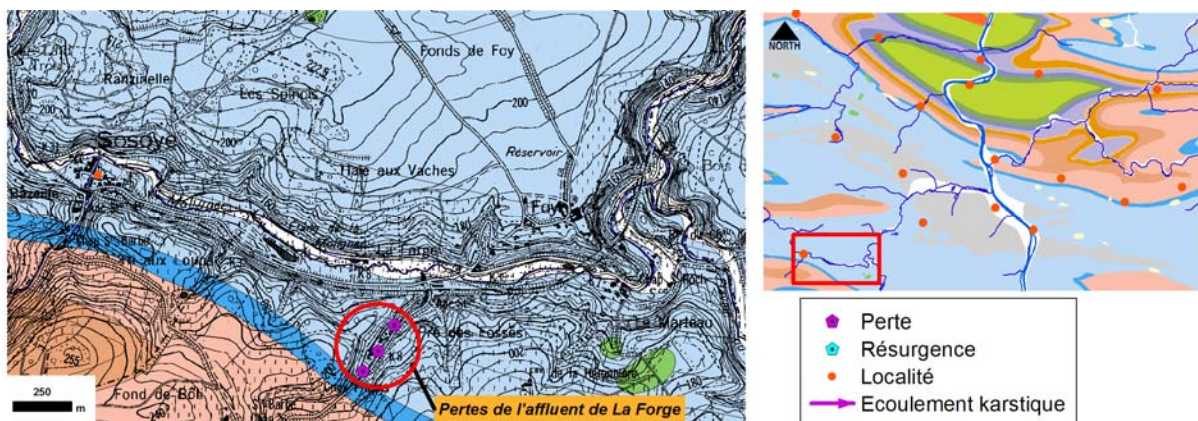


Figure IV.5 : Localisation des *Pertes de l'affluent de La Forge* (AKWA n°53/3-058) au SSE de Sosoye.

IV.2.1.3.3. Vallon sec du Fond des Livots

A hauteur du lieu-dit « Noirmont » se situe le vallon du Fond des Livots. La *Résurgence de l'auberge de Bouvignes* (AKWA n°53/4-108), située en rive gauche de Meuse (*Figure IV.6*), pourrait être le point de résurgence des eaux infiltrées dans ce vallon.

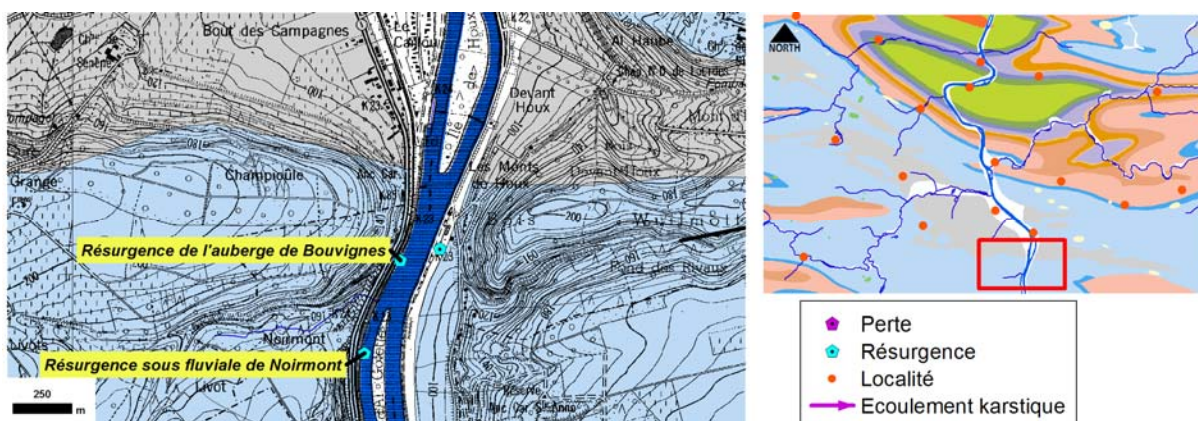


Figure IV.6 : Localisation de la *Résurgence de l'auberge de Bouvignes* (AKWA n°53/4-108) et de la *Résurgence sous fluviale de Noirmont* (AKWA n°53/4-107).

Plus au sud, la *Résurgence sous fluviale de Noirmont* (AKWA n°53/4-107) serait une résurgence des eaux en provenance du vallon du Fond Melchior.

IV.2.2 Rive droite de la Meuse

IV.2.2.1. Vallée du Bocq

La vallée du Bocq présente un nombre important de phénomènes karstiques. Ils sont décrits ci-dessous depuis l'amont vers l'aval.

A l'amont du Bocq, au sud de Durnal, deux ensembles de pertes (Les *Pertes de Chansin* et les *Pertes de la carrière des Nutons*, AKWA n° 53/4-86 et AKWA n° 53/4-87) et une résurgence (*Résurgence de Chansin*, AKWA n° 53/4-88) affectent un petit affluent du Bocq en rive droite (*Figure IV.7*) s'écoulant sur les calcaires carbonifères. Les eaux engouffrées aux

Pertes de Chansin et de la carrière des Nutons résurgent probablement à la Résurgence de Chansin (pas de traçage à ce jour).

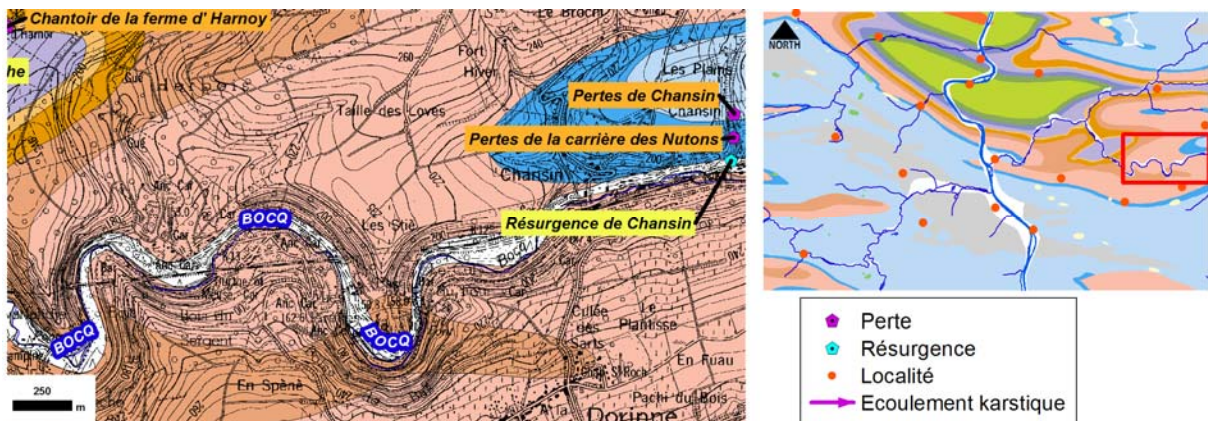


Figure IV.7 : Localisation des phénomènes karstiques de la vallée du Bocq au lieu-dit « Chansin ».

Au NE d'Evrehailles, dans un petit massif de calcaires frasniens (Figure IV.8) se situent deux pertes intermittentes (les *Chantoirs du ruisseau de Grinvaux*, AKWA n° 53/4-81) affectant le ruisseau de Grinvaux, affluent du Bocq en rive gauche. Le long du Bocq, en rive droite se situe une petite sortie d'eau permanente, la *Résurgence de Bauche* (AKWA n° 53/4-82).

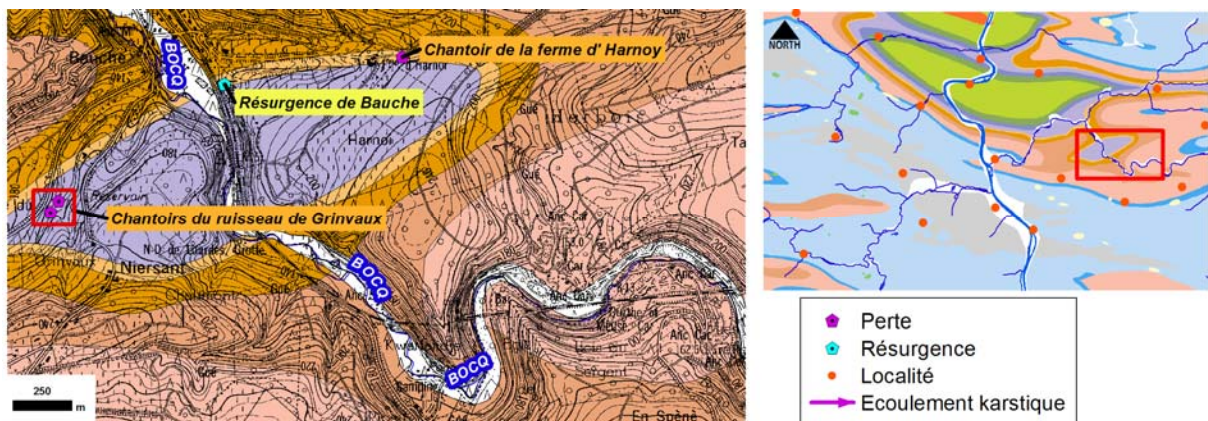


Figure IV.8 : Localisation des *Chantoirs du ruisseau de Grinvaux* (AKWA n° 53/4-81), du *Chantoir de la ferme d'Harnoy* (AKWA n° 53/4-85) et de la *Résurgence de Bauche* (AKWA n° 53/4-82).

Plus en aval, à l'aval de la confluence entre le Bocq et le Crupet, dans les calcaires frasniens (Figure IV.9), en rive gauche du Bocq, dans le vallon dit « de Fumi », se trouvent le *Chantoir amont du Vallon de Fumi* (AKWA n° 53/4-77) et les *Chantoirs aval du Vallon de Fumi* (AKWA n° 53/4-78). Le premier est un chantoir remblayé mais toujours actif et alimenterait la *Fontaine intermittente de Crupet*. Les seconds absorbent les eaux de ruissellement du versant et alimenteraient la *Fontaine intermittente de Crupet*.

En rive droite, un peu plus en aval (Figure IV.9), apparaît la *Fontaine intermittente de Crupet* (AKWA n° 53/4-79), fonctionnant par intermittence suivant un rythme irrégulier.

Plus en aval (*Figure IV.9*), un petit affluent en rive droite du Bocq est affecté d'une perte diffuse dans le thalweg, le *Chantoir de la ferme Vénate* (AKWA n° 53/4-75), sis dans les calcaires givetiens. Plus en amont et plus proche de la Ferme Vénate, se trouve le *Chantoir de Vénate* (AKWA n° 53/4-76) sis dans les calcaires frasniens. Ce dernier, situé dans une dépression boisée, récolte les eaux de ruissellement du versant.

A hauteur du lieu-dit « Marteau Feuillen » (*Figure IV.9*), apparaît la *Résurgence en face de la Gayolle* (AKWA n° 53/4-71) ; point de sortie présumé des eaux en provenance du *Grand chantoir de Tricointe* (AKWA n° 53/4-126), du *Petit chantoir de Tricointe* (AKWA n° 53/4-69) et d'un champ de dolines (AKWA n° 53/4—68, -127, 128, -129) situées entre ces deux chantoirs.

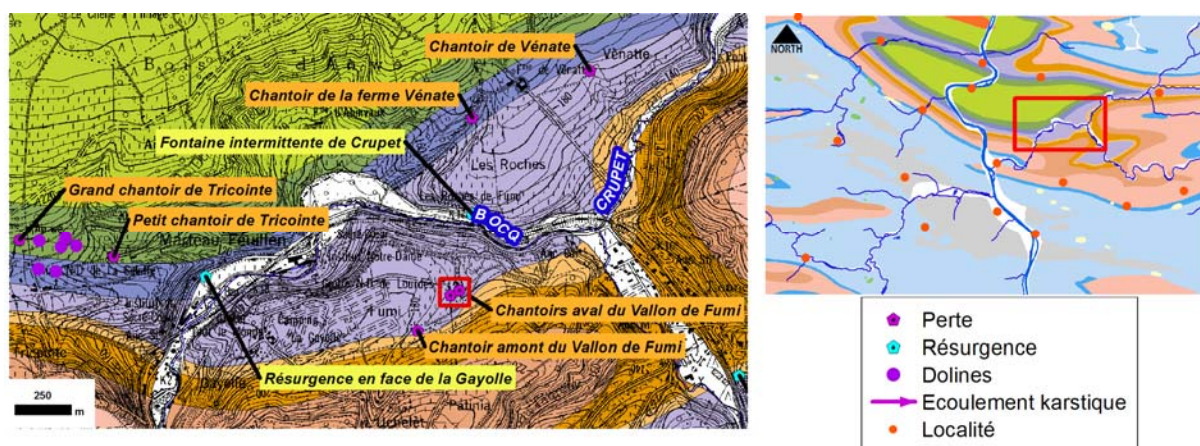


Figure IV.9 : Localisation des phénomènes karstiques de la vallée du Bocq entre le lieu-dit « Vénatte » et la résurgence en face de la Gayolle.

IV.2.2.2. Vallée du ruisseau du Fond d'Hestroy

Le ruisseau du Fond d'Hestroy est affecté de nombreux phénomènes karstiques, principalement de pertes et de deux résurgences. La *Figure IV.10* représente les pertes et les résurgences ainsi que les dolines et cavité de la vallée du ruisseau du Fond d'Hestroy. Les écoulements souterrains reconnus par traçage y sont également représentés. Ces derniers se font du NE vers le SW en direction de la Meuse.

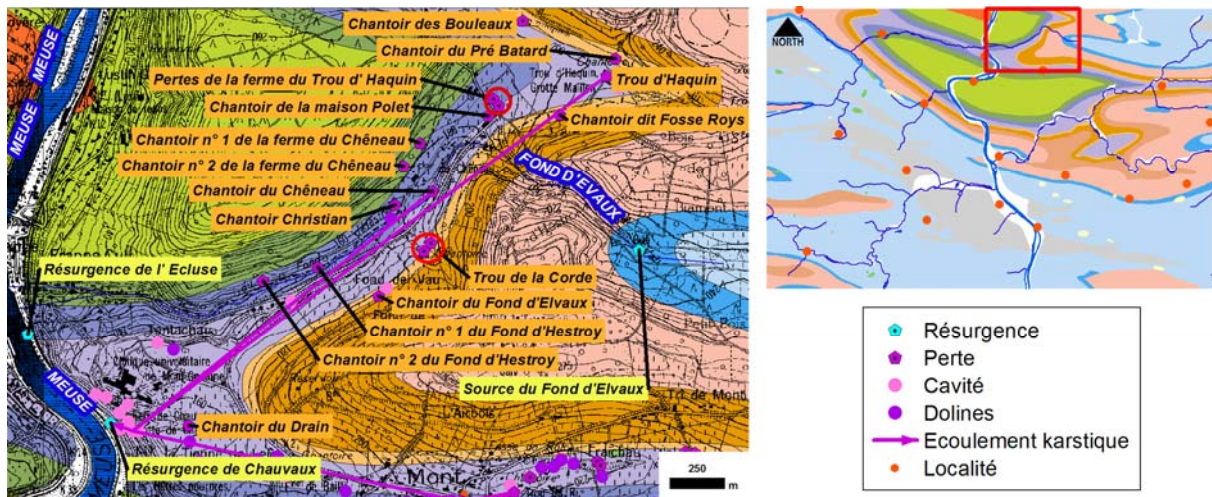


Figure IV.10 : Localisation des phénomènes karstiques du Fond d'Hestroy en rive droite de Meuse.

Dans le *Chantoir du Pré Batard* (AKWA n° 53/4-10) se perd totalement le ruisseau du Pré Batard. Les eaux qui s'infiltrent dans le *Trou d'Haquin* (AKWA n° 53/4-9), notamment celles du ruisseau du Trou d'Hestroy, ressortent à la *Résurgence de Chauvaux* (AKWA n° 53/4-21, voir Figure IV.11, p. 34). Cette relation a été vérifiée par traçage par la Société Spéléologique de Namur en 1979 à la fluorescéine. Dans le *Chantoir dit Fosse Roys* (AKWA n° 53/4-8) se perd totalement mais de manière intermittente le ruisseau descendant du Bois de Biamont. Ce chantoir est en probable communication avec le Trou d'Haquin. Les *Pertes de la ferme du Trou d'Haquin* (AKWA n° 53/4-7) sont des points d'absorption d'écoulements intermittents. Le *Chantoir du Chêneau* (AKWA n° 53/4-4) est une perte pérenne du ruisseau du Fond d'Hestroy et est en relation avec la *Résurgence de Chauvaux* (AKWA n° 53/4-21). Relation vérifiée par traçage en 1954 (1 640 m en 18h). Le *Chantoir n° 1 de la ferme du Chêneau* (AKWA n° 53/4-12) absorbe un ruisseau intermittent. Le *Chantoir n° 2 de la ferme du Chêneau* (AKWA n° 53/4-13) absorbe les eaux provenant du ruisseau et de la mare située en amont. Le *Chantoir Christian* (AKWA n° 53/4-14) absorbe un ruisseau intermittent. Le *Trou de la Corde* (AKWA n° 53/4-3) récolte les eaux de ruissellement en provenance du *Fond del Vau*, du *Fond de Arbois* et du « Château d'Hestroy ». Les chantoirs n° 1 et n° 2 du *Fond d'Hestroy* (AKWA n° 53/4-15, -16) absorbent un ruisseau intermittent.

Un certain nombre de traçages ont été réalisés depuis le début du XX^{ème} siècle (Tableau IV.3). Ces derniers démontrent que les écoulements souterrains dans les calcaires frasniens du flanc sud de l'anticlinal de Godinne, en rive droite, se font du NE vers le SW en direction de la Meuse. Les traçages les plus récents, réalisés par Cotton (2014), montrent :

- qu'il existe une connexion certaine entre le Trou d'Haquin (siphon de la Salle Ronde et le Nouveau Réseau), le *Chantoir des Bouleaux* et la *Résurgence de Chauvaux* située en rive droite de Meuse sur le flanc sud de l'anticlinal de Lustin (Figure IV.11) ;

- qu'il n'existe pas de relation entre ces mêmes lieux d'injection et la *Résurgence Lucienne* située en rive droite de Meuse sur le flanc nord de l'anticlinal de Lustin (Figure IV.11).

Tableau IV.3 : Synthèse des traçages effectués sur le système karstique du Fond d'Hestroy (Trou d'Haquin)

Site d'injection	Site d'échantillonnage	Temps de 1 ^{er} arrivée (heure)	Distance (m)	Date de réalisation	Auteurs	Résultat
Chantoir du Chêneau	Résurgence de Chauvaux	18,5		1/12/1954	Gullentops R.	Positif (Uranine)
Trou d'Haquin : « Nouveau Réseau »	Résurgence de Chauvaux	Non précisé		1972	Coppenolle J.-C.	Positif
Ruisseau du Trou d'Hestroy	Résurgence de Chauvaux	Non précisé		11/11/1989	Vanderlinden M.	Positif (Uranine)
Ruisseau du Trou d'Hestroy	Réseau de Frênes	24		11/11/1989	Vanderlinden M.	Positif (Uranine)
Chantoir du Fond de Nîmes	Résurgence Lucienne	16		8/12/1990	Vanderlinden M.	Positif (Uranine)
Trou d'Haquin : siphon de la Salle Ronde	Résurgence Lucienne			22/01/2014	Cotton A.	Négatif (Uranine)
Trou d'Haquin : siphon de la Salle Ronde	Résurgence de Chauvaux	10h20	2 750	22/01/2014	Cotton A.	Positif (Uranine)
Trou d'Haquin : Nouveau Réseau	Résurgence Lucienne		2560	22/01/2014	Cotton A.	Négatif (Rhodamine)
Trou d'Haquin : Nouveau Réseau	Résurgence de Chauvaux	9h35	2 720	22/01/2014	Cotton A.	Positif (Rhodamine)
Chantoir des Bouleaux	Résurgence de Chauvaux	19h10	2 620	24/01/2014	Cotton A.	Positif (Rhodamine)
Ruisseau du Trou d'Hestroy	Résurgence de Chauvaux	14h20	2 730	24/01/2014	Cotton A.	Positif (Uranine)
Chantoir des Bouleaux	Résurgence Lucienne		2 110	24/01/2014	Cotton A.	Négatif (Rhodamine)
Ruisseau du Trou d'Hestroy	Résurgence Lucienne		2 520	24/01/2014	Cotton A.	Négatif (Uranine)

Comme pour le réseau de la *Vilaine source* (voir IV.2.1.1.1 *La Vilaine Source*, p. 24), la Formation de Nîmes, aquiclude, doit jouer un rôle de seuil hydrogéologique entre l'Aquifère des calcaires du Givetien et l'Aquifère des calcaires du Frasnien. La *Résurgence de l'Ecluse* serait l'exutoire du système karstique givetien.

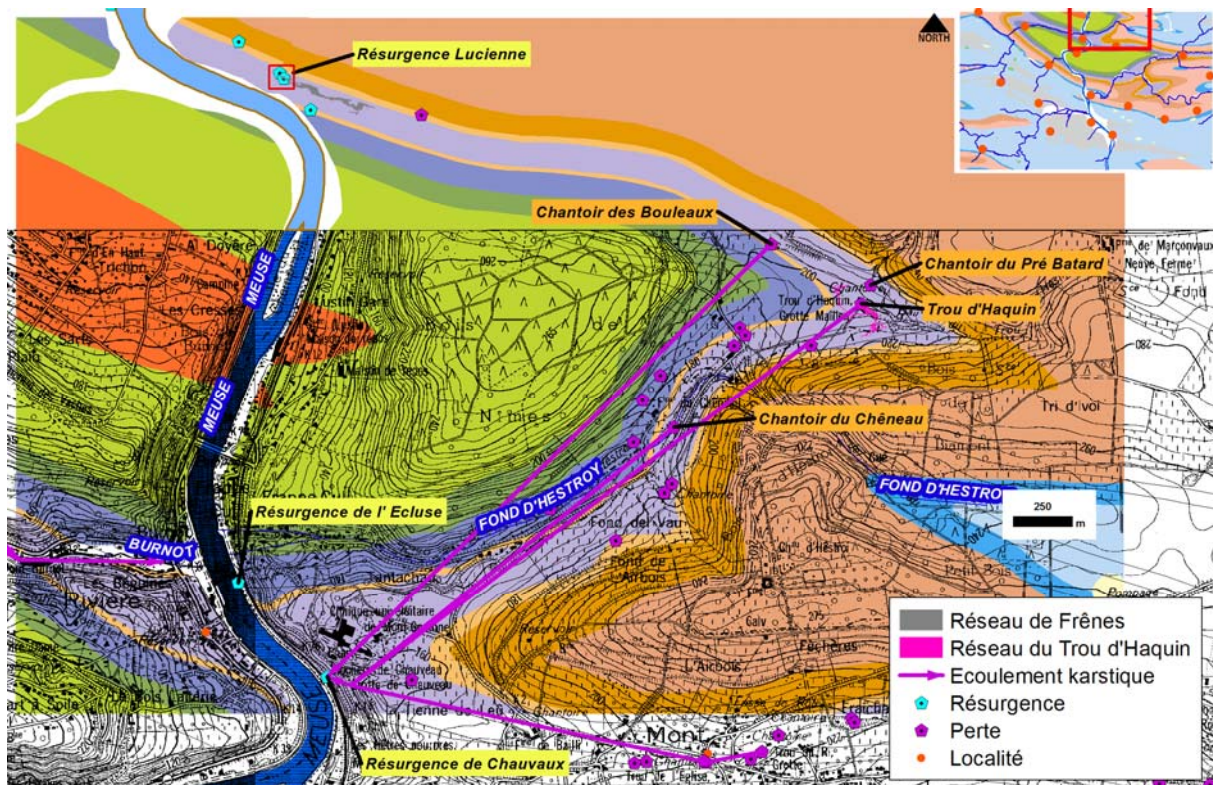


Figure IV.11 : Ecoulements karstiques reconnu par traçage pour la vallée du Fond d'Hestroy (Trou d'Haquin)². La zone sans fond IGN est la carte au nord, Malonne – Naninne (47/7-8).

IV.2.2.3. Vallée sèche du Mont

La vallée ou vallon sec du Mont débute plus ou moins au lieu-dit *Trou Bernard* et se développe vers l'ouest. Elle est parsemée d'un grand nombre de pertes, dolines, grottes et autres phénomènes karstiques sis dans les calcaires givetiens et frasniens (Figure IV.12). Les traçages effectués sur certains des phénomènes karstiques (voir ci-dessous) démontrent un écoulement souterrain de l'est vers l'ouest en direction de la Meuse.

Le *Trou et doline Dury* (AKWA n° 53/4-42) est une perte en relation avec le *Trou de l'Eglise* (AKWA n° 53/4-40), relation validée par traçage par la SC Avalon en 1992, et avec la *Résurgence de Chauvaux* (AKWA n° 53/4-21), relation validée par traçage en 1954 (61 heures pour parcourir les 1 740 m).

² Les unités hydrogéologiques de cette extrait de carte se base sur la nouvelle géologie de la carte 47/7-8 Malonne – Naninne (Delcambre et Pingot, version provisoire de 2009 non publiée) et de la carte 53/3-4 Bioul – Yvoir (Delcambre et Pingot, version provisoire de 2006 non publiée) tirée de Cotton (2014).

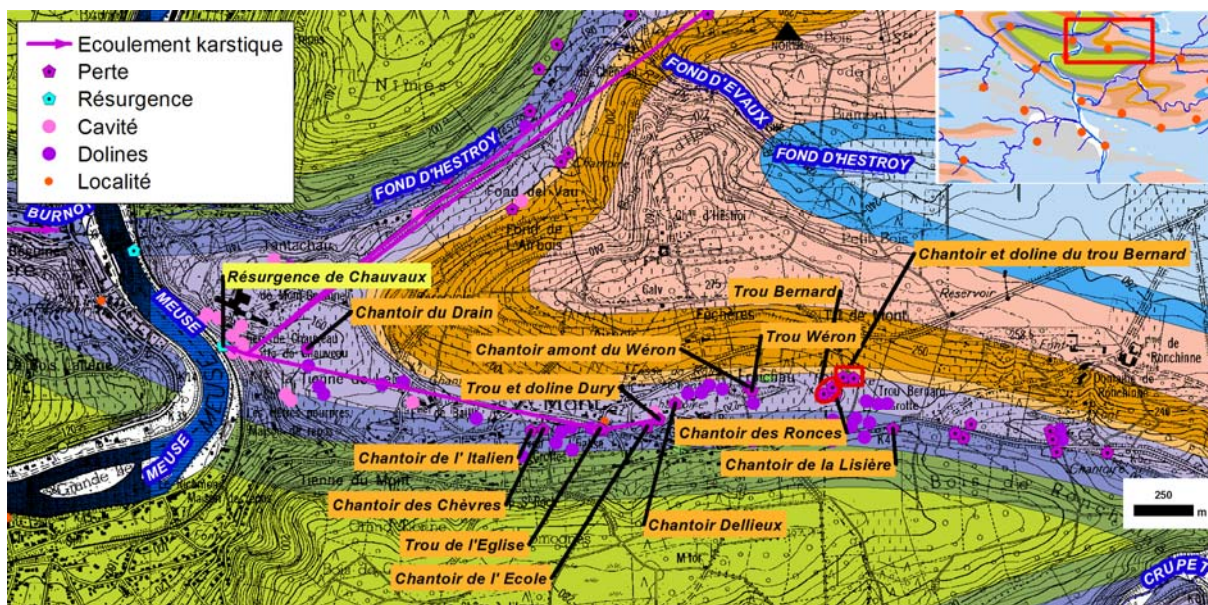


Figure IV.12 : Localisation des phénomènes karstiques de la vallée sèche du Mont en rive droite de Meuse.

IV.2.2.4. Vallée sèche de Ronchinne

La vallée de Ronchinne débute plus ou moins à l'est du lieu-dit *Trou Bernard* et se développe vers l'est. Un nombre important de dolines et de pertes s'y trouvent dans les calcaires givetins et frasniens l'affecte (Figure IV.13).

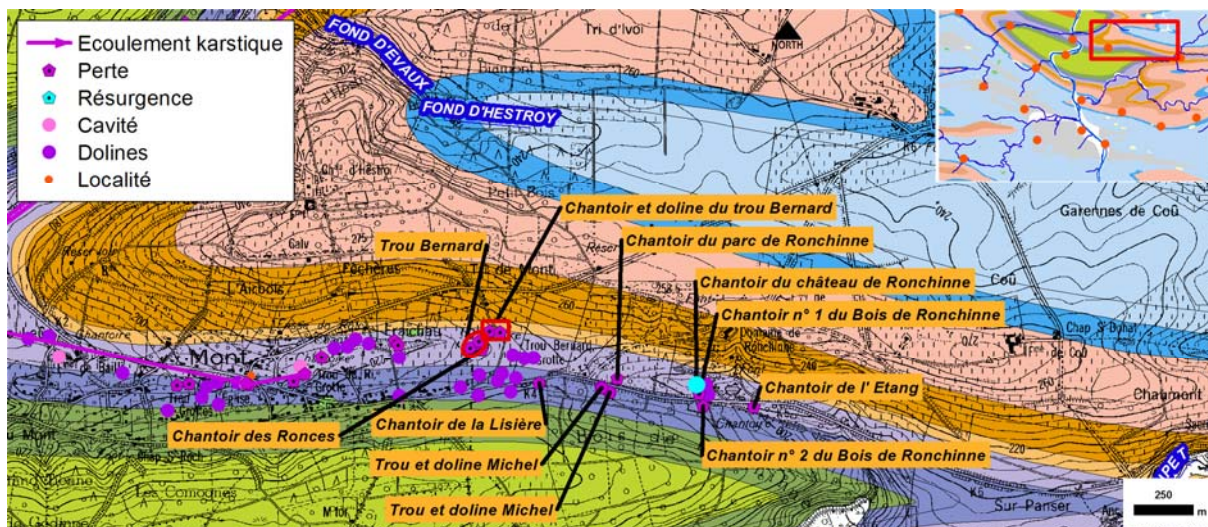


Figure IV.13 : Localisation des phénomènes karstiques de la vallée sèche de Ronchinne en rive droite de Meuse.

Il est possible que les écoulements souterrains, dans cette vallée et en amont de celle-ci jusqu'au *Trou Bernard*, se fassent de l'ouest vers l'est en direction du Crupet, mais cela reste à vérifier par traçage.

IV.2.2.5. Vallon sec d'Evrehailles

Entre Yvoir et Evrehailles (*Figure IV.14*), dans les calcaires carbonifères de la bordure nord du complexe synclinal d'Anhée, une perte et une résurgence sont décrites par l'Atlas du Karst. La *Résurgence de la Gare d'Yvoir* (AKWA n° 53/4-90) est probablement en relation avec le *Chantoir d'Evrehailles* (AKWA n° 53/4-96) mais cette dernière n'a pas été validée par traçage.

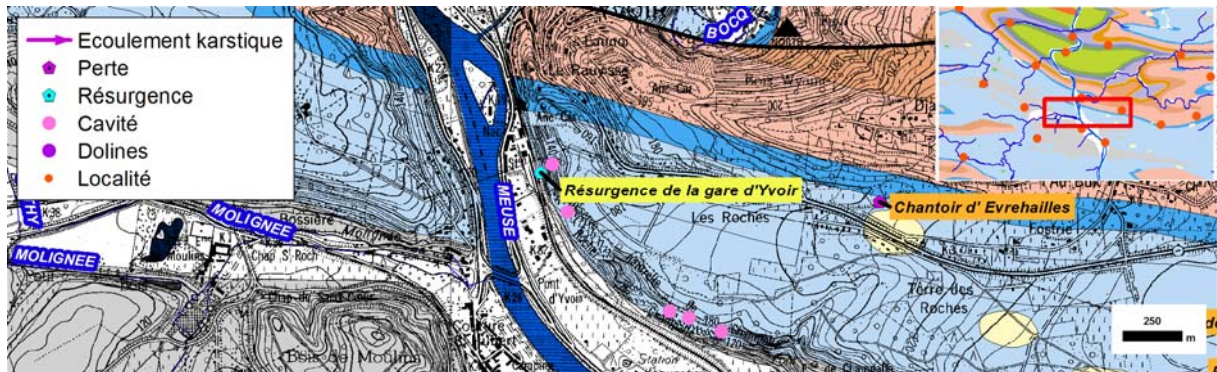


Figure IV.14 : Localisation des phénomènes karstiques du vallon sec d'Evrehailles en rive droite de Meuse.

IV.2.2.6. Vallon sec de Houx

Le vallon sec de Houx, à l'est du village éponyme, récolte probablement (non validé par traçage, voir ci-dessous) les eaux infiltrées au lieu-dit de « Prètèri » mais également de « Grinvaux » (*Figure IV.15*).

La *Résurgence sourcière de Houx* (AKWA n°53/4-100), est probablement alimentée par la *Perte du ravin de Houx* (AKWA n°53/4-101) et par les pertes de la région de Purnode (*Pertes de Prètèri*, AKWA n°53/4-97 et le *Chantoir de la Fosse Calais*, AKWA n°53/4-98). Lors de fortes pluies et en période d'épandage, l'eau de la résurgence se charge de résidus agricoles attestant sa relation avec des infiltrations diffuses sur le plateau. Les *Venues d'eau de Houx* (AKWA n° 53/4-139), sorties d'eau canalisées sous-fluviales à +/- 1,5 m en-dessous du niveau normal de la Meuse, observées en octobre 1998 lors du chômage technique de la Meuse, seraient alimentées par les eaux de infiltrées sur le plateau de Purnode et dans le vallon sec de Houx.

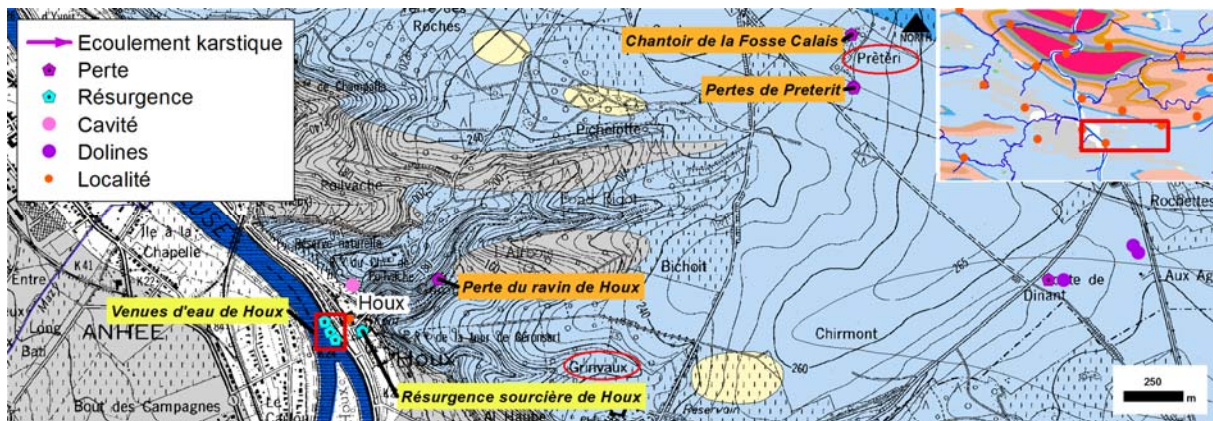


Figure IV.15 : Localisation des phénomènes karstiques du lieu-dit *Prêtèri* au sud de Purnode et du vallon sec de Houx en rive droite de Meuse.

IV.2.2.7. Vallon du « *Fond des Rivaux* »

Le vallon du Fond des Rivaux et ses « affluents » est affecté par 9 pertes et une résurgence (Figure IV.16).

La *Perte n° 1 de la route de Dinant* (AKWA n° 53/4-103) est un point d'absorption diffuse pouvant être en relation soit avec le système du vallon sec de Houx soit avec le Vallon du « Fond des Rivaux ». Le *Chantoir n° 2 du Buc* (AKWA n° 53/4-115) est un chantoir en bout de vallée aveugle avec perte totale du ruisseau.

Le *Chantoir du Bois Wuilmotte* (AKWA n° 53/4-111) est une perte totale des eaux de la source voisine.

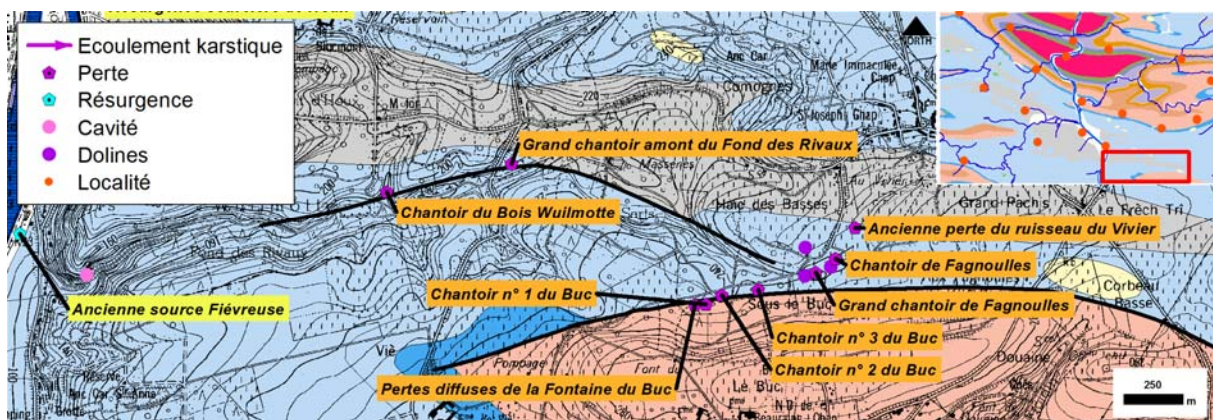


Figure IV.16 : Localisation des phénomènes karstiques du lieu-dit *Prêtèri* au sud de Purnode et du vallon sec de Houx en rive droite de Meuse.

IV.2.3 Conclusions

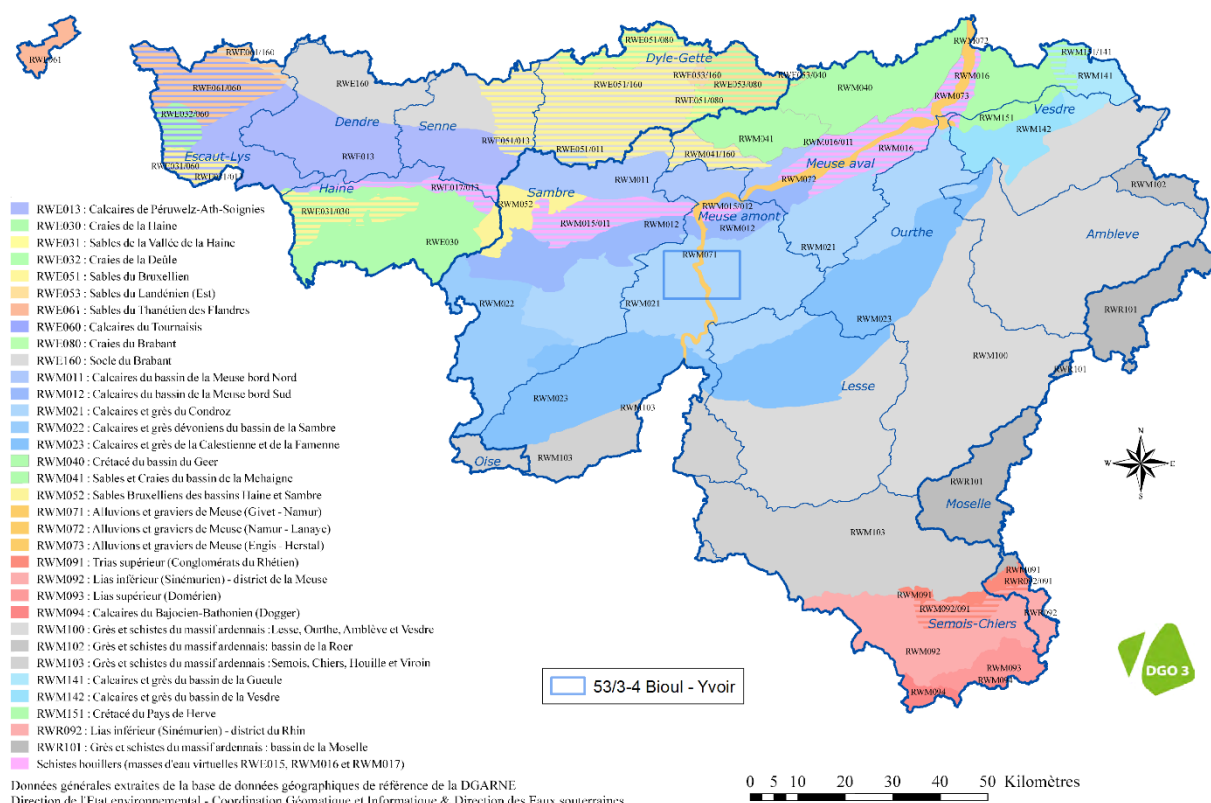
Les traçages effectués sur les différents systèmes karstiques de la carte Bioul - Yvoir montrent l'importance de la Meuse en tant que niveau de base régional. A « proximité » de cette dernière les écoulements souterrains, dans les calcaires, se font généralement dans sa direction et il faudra s'attendre à un niveau d'eau fortement rabattu au vu de l'importance des phénomènes karstiques. Ces traçages montrent également l'importance des formations

schisteuses dans le rôle de seuils hydrogéologiques (Formation de Nismes), même lorsque leur épaisseur est faible.

IV.3. DESCRIPTION DE L'HYDROGÉOLOGIE RÉGIONALE

IV.3.1 Cadre général

Les nappes d'eau souterraine de la carte Bioul - Yvoir appartiennent à 2 masses d'eau (*Figure IV.17*) : les « Calcaires et grès du Condroz » (RWM021) présente sur l'entièreté de la carte, et, superposée à cette dernière et la traversant du sud au nord, les « Alluvions et gravier de Meuse (Givet-Namur » (RWM071).



Les ressources en eau souterraine de la carte Bioul - Yvoir se composent donc d'un ensemble de nappes contenues dans les roches du socle paléozoïque et dans les alluvions de la Meuse, en connexion hydrogéologique avec les premières citées. Plusieurs types d'aquifères peuvent être décrits :

- Les aquifères de fissures des roches détritiques, plissées et fracturées, du socle paléozoïque appartenant à la masse d'eau RWM021. La partie superficielle de ces roches, désagrégées de manière hétérogène en argile et/ou en sable par l'altération météorique, constitue un manteau d'altération contenant une nappe de porosité de pores ;

- L'aquifère de fissures des calcaires karstifiés dévono-carbonifères appartenant aux masses d'eau RWM021. Ce sont ces calcaires qui présentent les plus grandes potentialités hydrogéologiques ;
- L'aquifère de pores des alluvions de la Meuse présentant également un potentiel hydrogéologique important.

La région de Bioul-Yvoir rassemble un ensemble d'unités hydrogéologiques, dont les comportements hydrodynamiques sont très contrastés suite à la présence sur une zone relativement restreinte de l'ensemble des roches dévono-carbonifères. La Meuse constitue un élément majeur pour la région puisqu'elle constitue le niveau de base des nappes de la carte. Trois grandes zones peuvent être distinguées (*Figure IV.18, Figure IV.22*) :

1. Le sud ainsi que le coin nord-est de la carte (Zone « Sud ») marquée par l'importance des roches calcaires du Carbonifère ;
2. Le nord de la carte excepté le coin nord-est (Zone « Nord ») caractérisée par l'importance des roches détritiques (schiste, grès, poudingue) du Dévonien et la présence de niveaux minces des calcaires du Dévonien moyen.
3. La plaine alluviale de la Meuse.

La limite entre la Zone « Nord » et la Zone « Sud » de la carte a été fixée au contact entre les roches du Famennien supérieur et celles du Tournaisien et ce sur une bande qui s'étend de Lesve au sud de Dorinne, en passant par Yvoir. Cette limite ne constitue nullement une limite d'ordre hydrogéologique.

IV.3.2 Évolution piézométrique des différentes unités hydrogéologiques

IV.3.2.1. Zone « Sud »

La Zone « Sud », reprise à la *Figure IV.18*, est décrite en fonction de la Meuse qui la sépare en deux, Rive droite et Rive gauche.

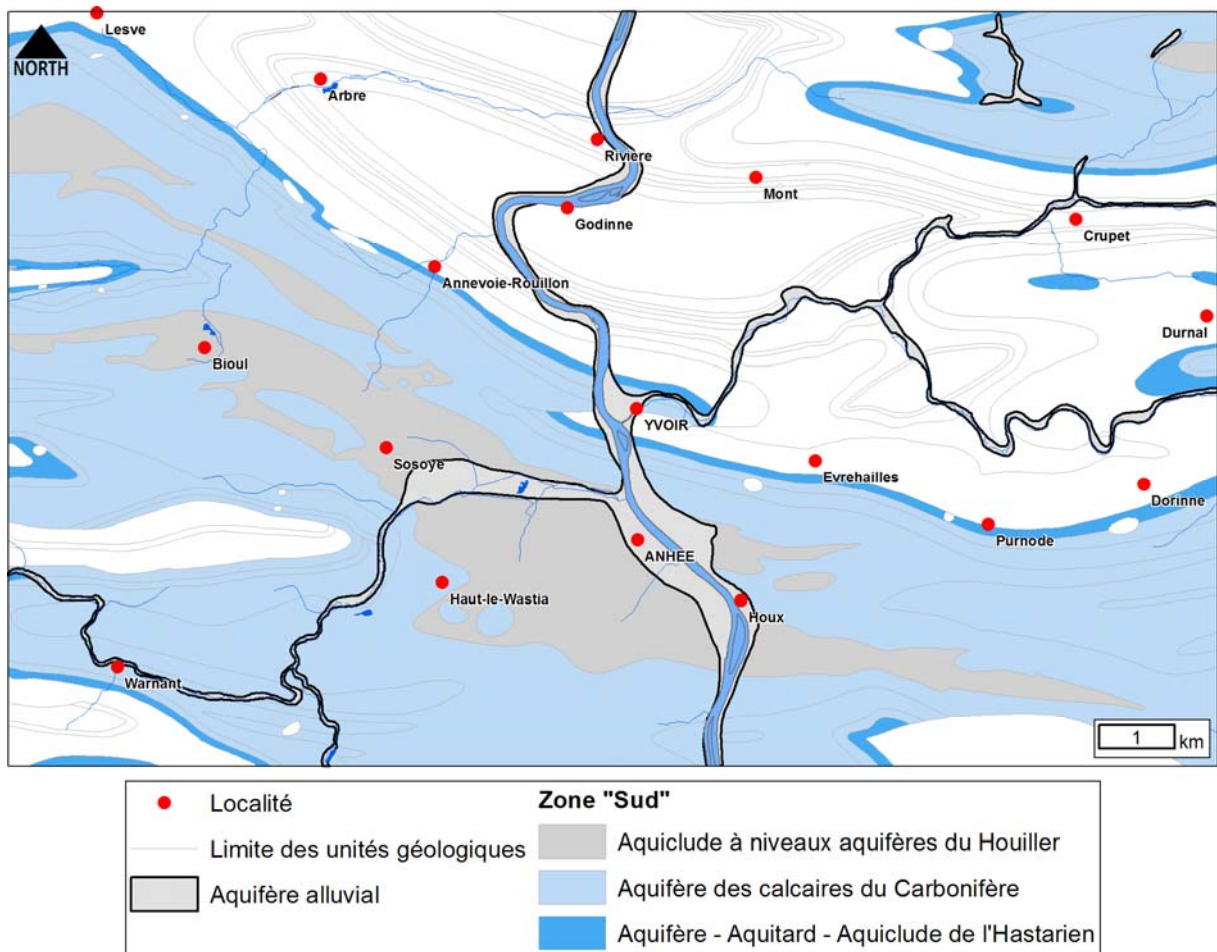


Figure IV.18 : Délimitation de la Zone « Sud ».

IV.3.2.1.1. Rive gauche de la Meuse

Les principaux cours d'eau de cette région sont la Molignée, le Flavion, le Burnot et le ruisseau d'Annevoie. A la confluence avec le Flavion, la Molignée s'écoule du sud vers le nord et recoupe l'axe de l'anticlinal de Salet. Plus en aval, elle rencontre les roches du Houiller inférieur où sa plaine alluviale s'élargit fortement. Les ruisseaux du Burnot et d'Annevoie trouvent leur source au sein de l'Aquifère du Carbonifère et de l'Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller de la Zone Sud et se jettent dans la Meuse dans la Zone Nord.

Dans la partie ouest de la carte, la Molignée suit grossièrement l'axe d'un synclinal de Maredsous dont le cœur est composé de calcaires du Carbonifère. Dans ce tronçon, le ruisseau est alimenté par des ris dont les sources drainent l'aquifère des grès du Famennien. Ces derniers forment les crêtes topographiques encadrant la Molignée. Il s'agit typiquement d'un modèle hydrodynamique « conduzien » caractérisée par des nappes au sein des anticlinaux gréseux se déversant, via des sources, vers les aquifères calcaires des synclinaux.

L'absence de piézomètre dans les bassins versants de la Molignée, du Flavion et des ris se jetant directement dans la Meuse, combiné à la rareté des données karstologiques rendent

difficile l'établissement de sens d'écoulement de la nappe. Il est cependant fortement probable que la Meuse et la Molinee soit les drains principaux de la région. Les écoulements dans les calcaires devraient à « proximité » de ces drains, se faire dans leur direction.

Dans l'Atlas du Karst Wallon (De Broyer *et al.*, 1999 ; Michel *et al.*, 2011 ; Michel *et al.*, 2013), de nombreuses failles transversales de direction NE-SW sont décrites, mais ces accidents recoupent principalement la partie ouest de l'anticlinal de Godinne. Il est probable que certaines de ces failles se prolongent dans les assises carbonifères de la Zone Sud, par conséquent, elles pourraient constituer des zones de circulations préférentielles.

Au sud et au sud-ouest de Bioul (Figure IV.19), 5 piézomètres, appartenant à la S.W.D.E. et implantés dans l'Aquifère des calcaires du Carbonifère, ont fait l'objet de mesures piézométriques lors de deux campagnes :

1. la première, réalisée par la SWDE, a commencé à la fin de l'année 1993 et s'est poursuivie jusqu'à la fin de l'année 2000. Entre 1993 et 1999, les mesures ont été effectuées avec un pas de temps approximatif d'un mois. Par la suite, les mesures ont été espacées pour devenir annuelles ;
2. la seconde campagne de mesures a été réalisée, dans le cadre de la première édition de cette carte, par l'Université de Namur, pendant le second semestre de l'année 2002, ceci de manière bimensuelle.

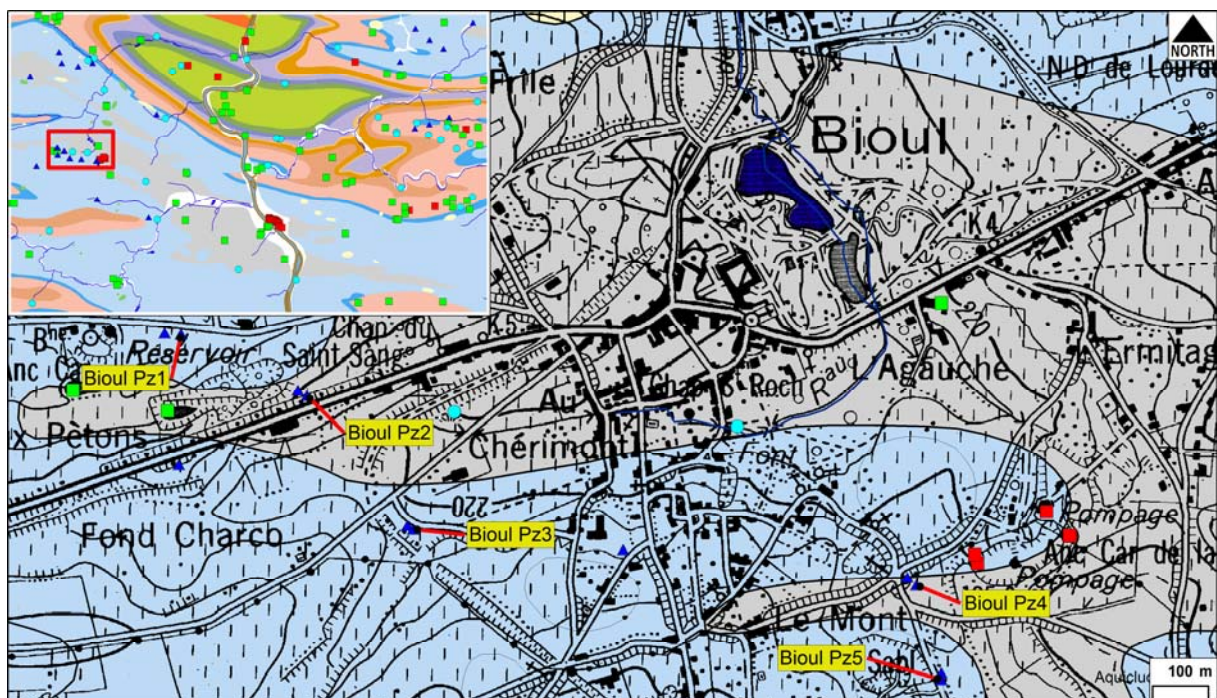


Figure IV.19 : Localisation des piézomètres BIOUL PZ1 à PZ5.

La [Figure IV.20](#) reprend l'évolution de la piézométrie pour ces ouvrages entre 1993 et 2003. Les fluctuations piézométriques montrent que :

- la profondeur de la nappe évolue de manière similaire entre les différents piézomètres ;
- la nappe fluctue de manière saisonnière avec des remontées rapides (parfois 4 à 6 m en deux ou trois mois) ;
- outre les fluctuations annuelles rapides, des fluctuations pluriannuelles (cycles de 2 à 3 ans) peuvent être distinguées, avec des périodes de hautes eaux (entre 1994 et 1996) et des périodes de basses eaux (entre 1996 et 1999) ;
- quel que soit l'ouvrage, l'amplitude maximale des fluctuations est de l'ordre 10 m.

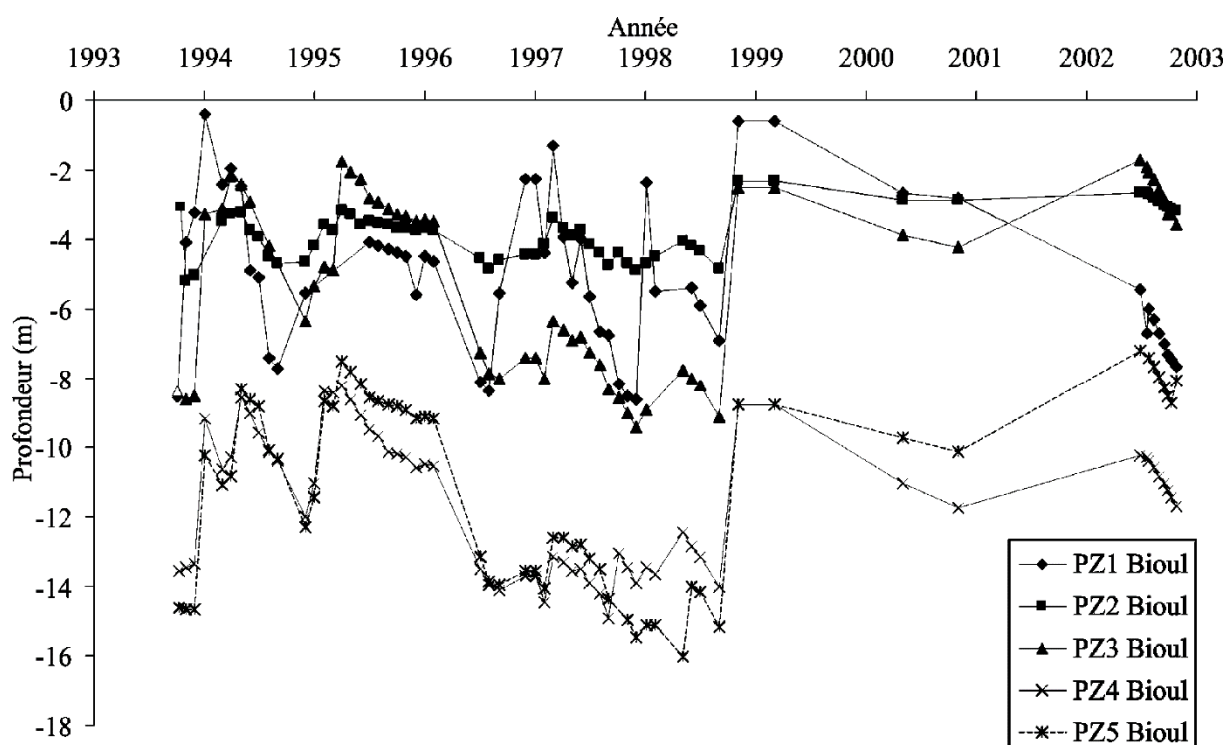


Figure IV.20 : Evolution piézométrique, entre 1993 et 2003, de la nappe des calcaires du Carbonifère au droit des piézomètres BIOUL PZ1 à PZ5.

Au NW de la Zone Sud, le piézomètre PZ5 ETUDE E-S-M, sollicite également la nappe des calcaires du Carbonifère. Cet ouvrage, d'une profondeur de 65 m et situé à environ 350 m au nord-ouest des fermes de Montigni ([Figure IV.21](#)), rencontre les calcaires du Carbonifère à une profondeur d'environ de 40 m.

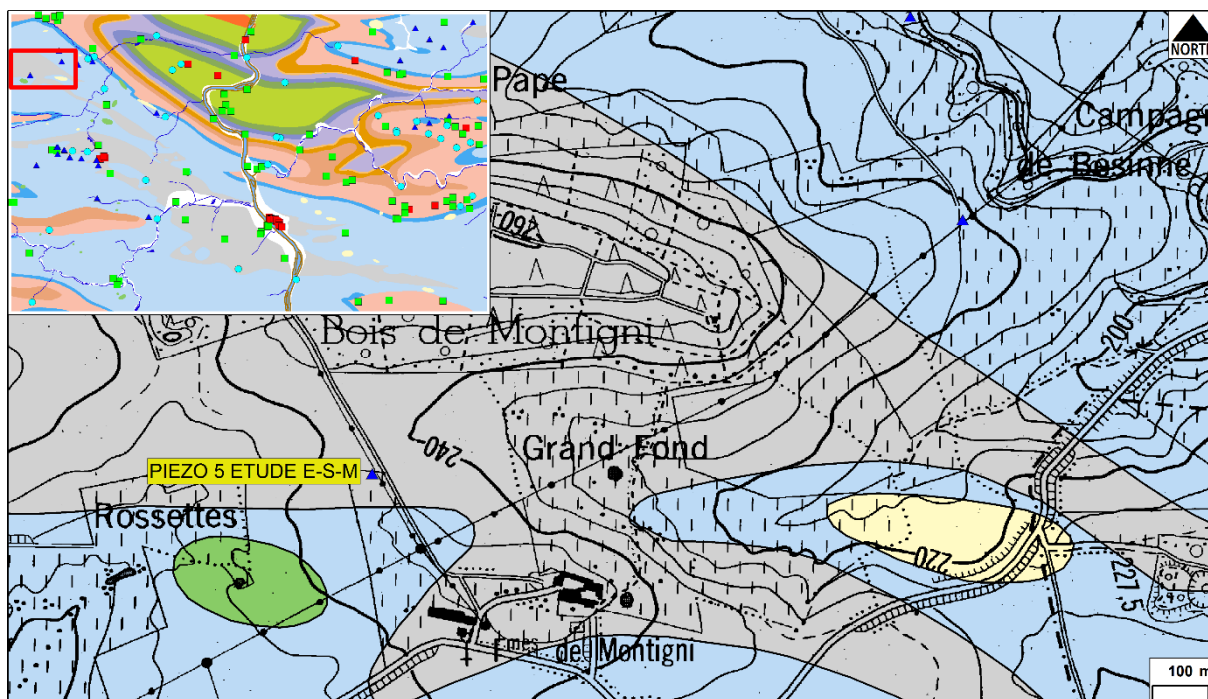


Figure IV.21 : Localisation du piézomètre PZ5 ETUDE E-S-M sollicitant la nappe des calcaires du Carbonifère sous l'aquiclude du Houiller.

Les mesures piézométriques, effectuées dans le cadre de la première version de cette carte en 2002, montrent que la profondeur de la nappe fluctue entre 44,2 m (cote de ± 198 m) et 48,1 m (cote de ± 195 m). La nappe se trouve donc quelques mètres sous l'Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller.

Dans le bassin versant du ruisseau d'Annevoie, aucun ouvrage ne permet d'évaluer la profondeur de la nappe. De plus, la rareté des phénomènes karstiques implique que les circulations souterraines sont quasiment inconnues pour ce bassin.

IV.3.2.1.2. Rive droite de la Meuse

La Zone Sud en rive droite se caractérise par la quasi absence de cours d'eau d'importance, témoignant par-là du caractère fort perméable du substrat rocheux calcaire.

Dans les grès du Famennien, au sud d'Awagne, quelques puits exploités par des particuliers indiquent que la nappe se trouve seulement à quelques mètres sous la surface du sol.

De même, quelques puits de particuliers, non déclarés encore en 2003 et sollicitant la nappe de l'Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller, au sud d'Awagne, montrent que la nappe de cet aquifère est très proche de la surface, au maximum 2 m.

Au sein des calcaires carbonifères, il existe peu d'information quant à la profondeur de la nappe. De nombreuses pertes cependant, indiquent que la nappe est probablement profonde. La très forte conductivité hydraulique des calcaires karstifiés induit un rabattement important, la nappe devant s'équilibrer à une altitude de l'ordre de celle de la Meuse.

Mis à part quelques rares puits exploités par des particuliers, aucun piézomètre ni autre ouvrage exploité par des sociétés de distribution d'eau, n'est recensé dans la Zone Sud en rive droite de la Meuse.

IV.3.2.2. Zone « Nord »

La Zone « Nord », reprise à la [Figure IV.22](#), est décrite en fonction de la Meuse qui la sépare en deux, Rive droite et Rive gauche.

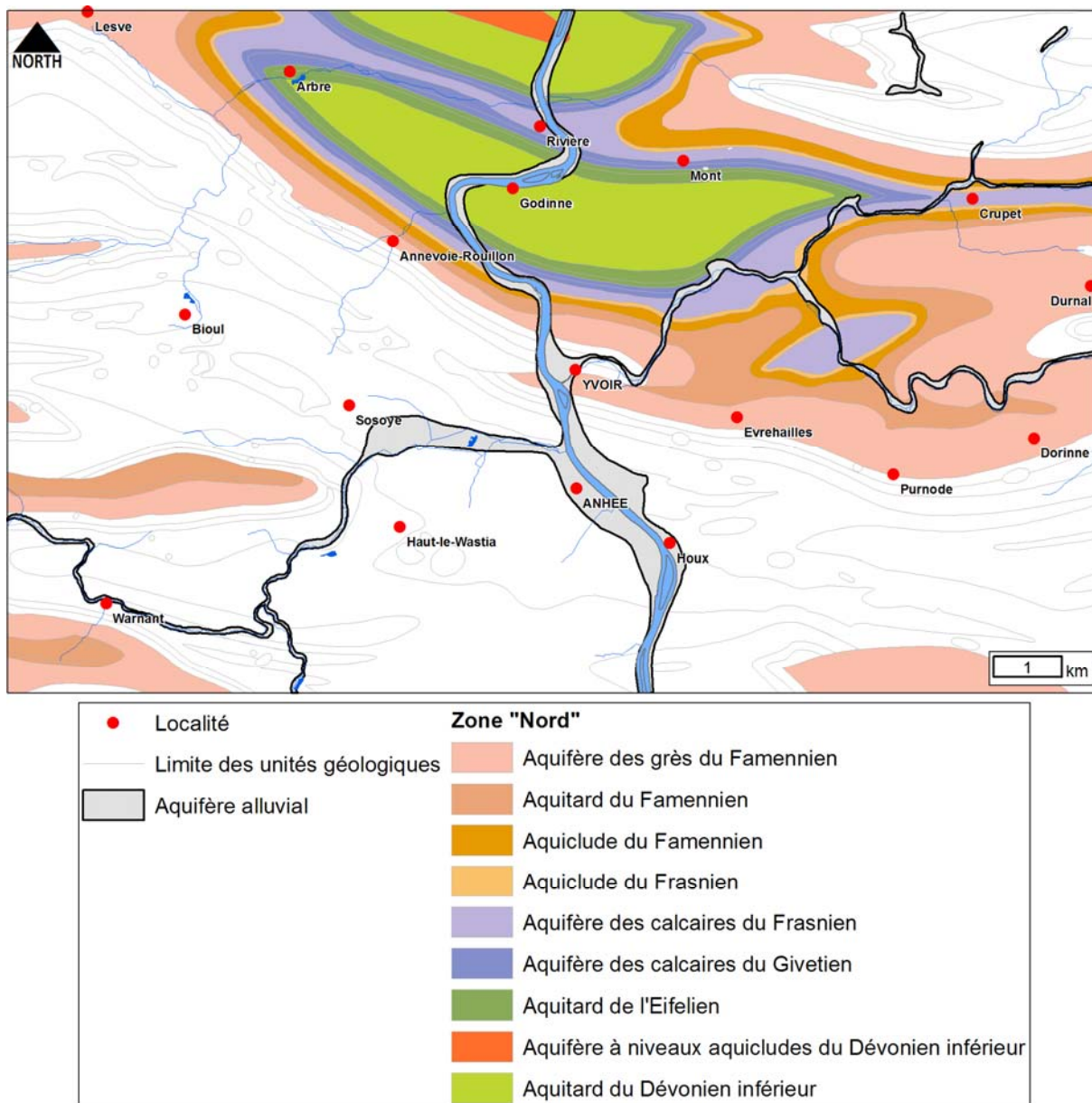


Figure IV.22 : Délimitation de la Zone « Nord ».

IV.3.2.2.1. Rive gauche de la Meuse

Les bassins versants des ruisseaux de Burnot et d'Annevoie regroupent l'essentiel des écoulements de surface de la zone Nord en rive gauche de la Meuse. Ces deux cours d'eau prennent leur source dans la Zone Sud, puis s'écoulent du SW vers le NE. Lorsque le Burnot

recoupe l'axe de l'anticlinal de Godinne, il change de direction en s'écoulant de l'WNW vers l'ESE. Il suit alors grossièrement l'axe du synclinal de rivière, qui est composé par les calcaires du Givetien et du Frasnien. Au sein de ces calcaires l'écoulement souterrain se fait principalement vers la Meuse selon la direction des bancs, via un important système karstique.

Sur le flanc sud de l'anticlinal de Godinne, les eaux sont probablement drainées vers le ruisseau d'Annevoie et la Meuse via la bande de calcaires givetiens et frasniens. Cependant, le long de ce flanc, les données karstologiques sont plus rares.

IV.3.2.2.2. *Rive droite de la Meuse*

Les principaux cours d'eau dans la partie nord-est de la carte sont le Bocq, le Crupet et le réseau karstique souterrain de Mont-Godinne.

De l'amont vers l'aval, le Bocq s'écoule de l'est vers l'ouest en suivant les couches du Famennien puis, à proximité de Harnoi, recoupe l'anticlinal d'Harnoi qui forme un îlot de calcaires frasniens, bordé par les schistes du Frasnien et du Famennien. A partir de sa confluence avec le Crupet, le Bocq infléchit son cours vers le sud, en direction d'Yvoir, où il se jette dans la Meuse.

Le Crupet, quant à lui, traverse, dans sa partie amont, les calcaires du Carbonifère du synclinal d'Ivoi, du NE vers le SW. Au sortir des calcaires, il infléchit son cours vers le sud, en direction de Crupet, en recoupant les roches du Famennien. En aval du village de Crupet, il s'écoule à nouveau du NE vers le SW en suivant les calcaires givetiens et frasniens jusqu'à sa confluence avec le Bocq.

Le Bocq et le Crupet drainent l'Aquifère des grès du Famennien constituant le plateau des Loges situé entre le Bocq et le Crupet ; formé de deux synclinaux perchés séparés par l'anticlinal d'Harnoi.

A la base des grès famenniens, de nombreuses sources sont recensées. Elles constituent les émergences d'une nappe peu profonde localisée dans la zone d'altération en sable des grès du Famennien supérieur. Des mesures de prospection géophysique (sondages et traînés électriques, sondages sismiques) ont montré que le manteau d'altération atteignant généralement 20 à 30 m d'épaisseur avec des maximas pouvant atteindre par endroit près de 60 m (**André & Royaux, 1988**).

Au niveau de l'anticlinal d'Harnoi, les eaux de la nappe des calcaires frasniens s'écoulent en direction de Bocq. Ce dernier rabat fortement la nappe contenue dans ces calcaires, comme en témoignent la présence de pertes.

D'autres pertes indiquent un rabattement important de la nappe contenue dans les calcaires constituant les cœurs des synclinaux de Loges et de Chansin.

Au niveau du complexe synclinal d'Ivoi, plus au nord, des mesures de niveaux piézométriques, des essais de pompage et des traçages (voir VII.1.1, p. 88) réalisés sur les piézomètres (Figure VII.1, p. 89) forés dans le cadre de la délimitation des zones de prévention du captage de Crupet (BCG, 2006) ont permis de déterminer qu'il existe un axe majeur de drainage entre le PZ7 (situé sur la carte à l'est 54/1-2, Figure VII.1, p. 89) et les galerie Sud et Principale du captage, du NE vers le SW (Figure IV.24). La Figure IV.23 donne les variations piézométriques relevées dans les différents piézomètres du captage de Crupet.

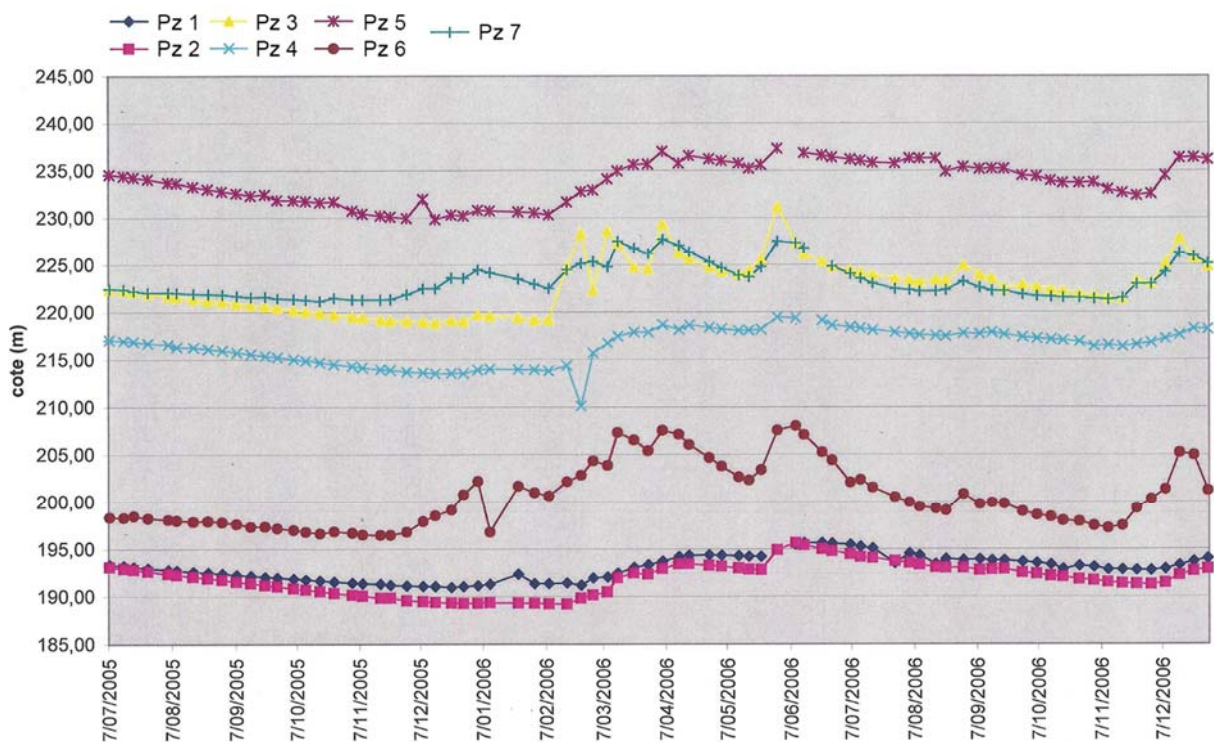


Figure IV.23 : niveaux piézométriques relevés dans les piézomètres Pz1 à Pz7 du captage de Crupet (BCG, 2006).

Des écoulements moindres se font du PZ4 vers le captage. Au vu des résultats obtenus lors des essais de pompage et de traçage il est probable que l'écoulement préférentiel se fasse selon la direction des bancs (stratification) et qu'une partie moins importante se fasse selon le réseau de diaclases et de fissures en direction des exutoires naturels : la résurgence FONTAINE SAINT MARTIN, le Vovesène dans sa partie aval et le Crupet aval. Au vu du caractère intermittent des ruisseaux Saint Martin et de Vovesène, ainsi que des variations de niveau piézométrique, entre 5 et 10 m, il est probable que certaines parties de ces cours d'eau, plutôt avales, voient leur caractère, drainant ou infiltrant, varier au cours de l'année, en fonction de la période de hautes ou de basses eaux. Du NE vers le SW, le long du

Crupet, le gradient hydraulique est faible du fait d'une perméabilité importante, tandis que ce gradient est plus important du nord vers le sud, le long du ruisseau de Vovesène.

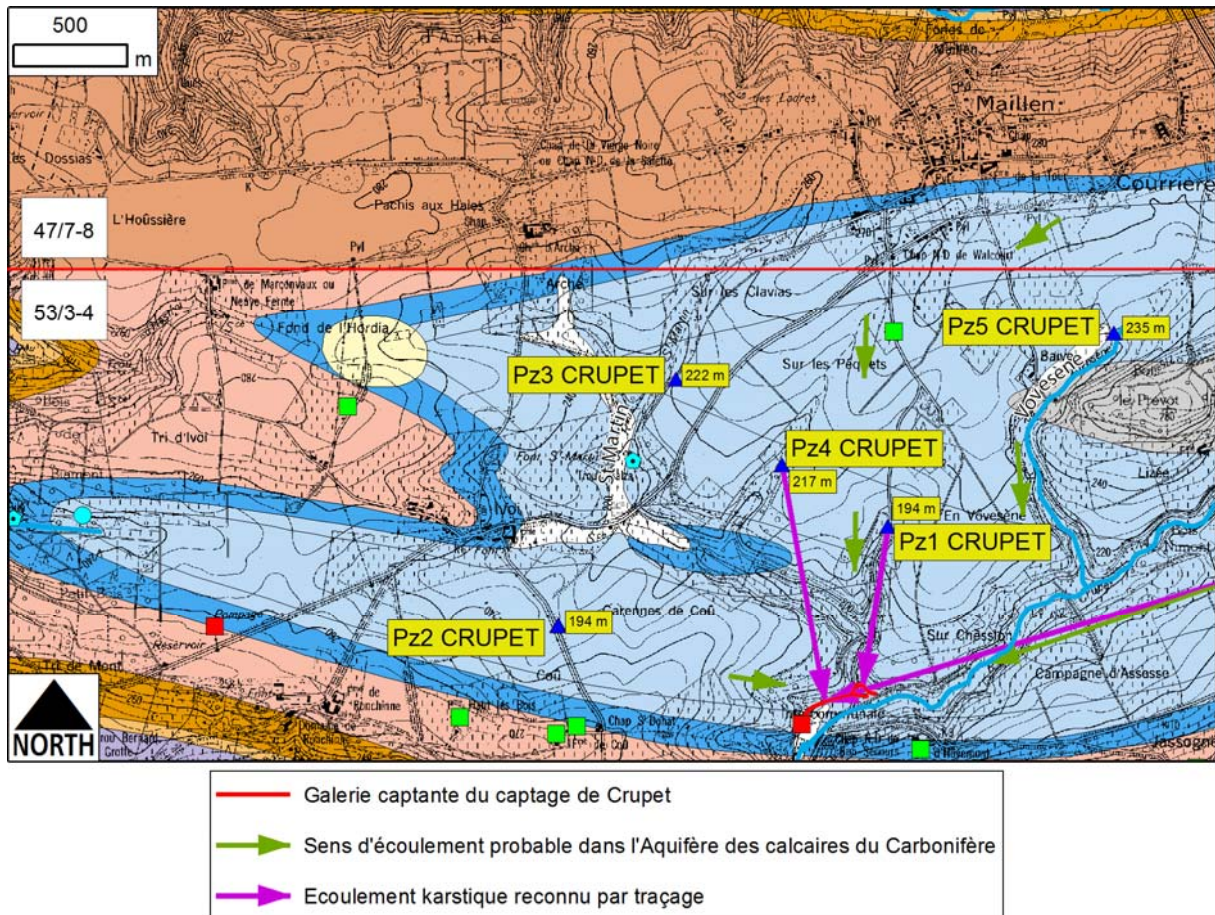


Figure IV.24 : Écoulement probable de la nappe des calcaires du Carbonifère au niveau de la zone de prévention du captage de Crupet. Cotes piézométriques du 7 juillet 2005.

Les essais de pompage mettent en évidence des perméabilités plus importantes selon l'axe passant par le PZ6 et le PZ7, qui constituerait l'axe principal d'alimentation du captage. Le gradient de la nappe selon cet axe est le plus faible. Toujours selon BCG (2006), en partant du PZ5, les eaux souterraines contourneraient le synclinal houiller avant de rejoindre l'axe d'écoulement PZ6-PZ7. Les perméabilités calculées sont bonnes (10^{-4} à 10^{-3} m/s) sauf pour le PZ1 (10^{-6} à 10^{-5} m/s). Ces perméabilités, entre 10^{-3} et 10^{-6} m/s, témoignent d'un milieu hétérogène typique des calcaires karstifiés. Lors des essais de pompages, aucune influence sur les autres piézomètres n'a été mise en évidence. Ce qui démontre une fois encore l'hétérogénéité des zones de circulation des eaux souterraines dans les calcaires karstifiés.

Dans la région de Mont-Godinne, les bandes de calcaires givetiens et frasniens situés le long des flancs du synclinal de Rivière forment des axes importants de drainage vers la Meuse.

Une partie des eaux de l'Aquifère des calcaires du Carbonifère du complexe synclinal d'Ivoi émerge à la Source du Fond d'Elvaux (Figure IV.10, p. 33). En aval, ces eaux se perdent dans

le réseau karstifié des calcaires dévoniens (Fond d'Hestroy) formant le flanc nord du synclinal de Rivière.

IV.3.2.3. Plaine alluviale de la Meuse

Les alluvions modernes des plaines alluviales, comme par exemple celle de la Meuse, sont composées, principalement, de graviers et de sables offrant des potentialités aquifères importantes.

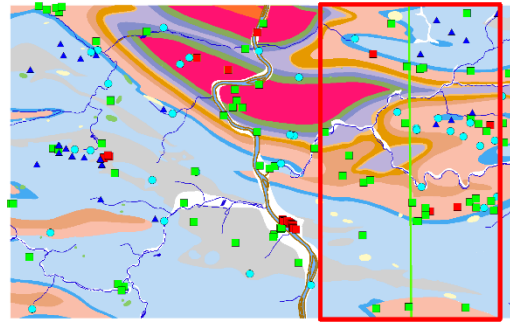
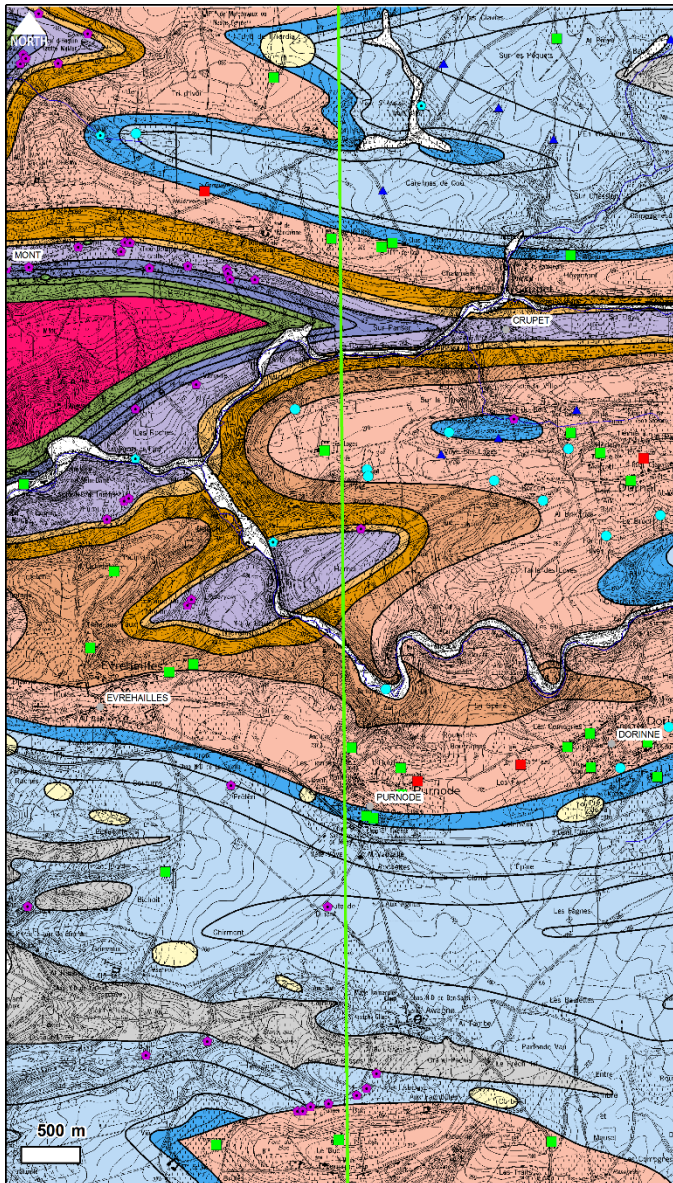
L'alimentation directe par les eaux météoriques est faible, en raison de la surface négligeable de la plaine alluviale. La majeure partie de son alimentation vient de l'apport des versants ; par écoulement hypodermique et par déversement de la nappe du bedrock, lorsque celui-ci est aquifère.

La profondeur de la nappe, en équilibre avec le cours d'eau, est toujours proche de la surface.

IV.4. COUPES HYDROGÉOLOGIQUES

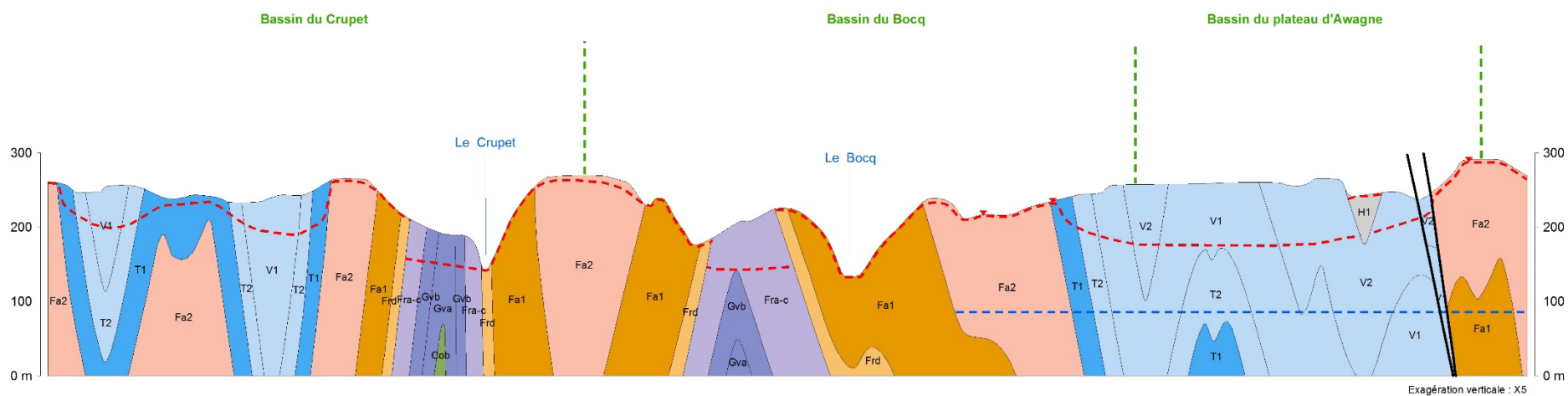
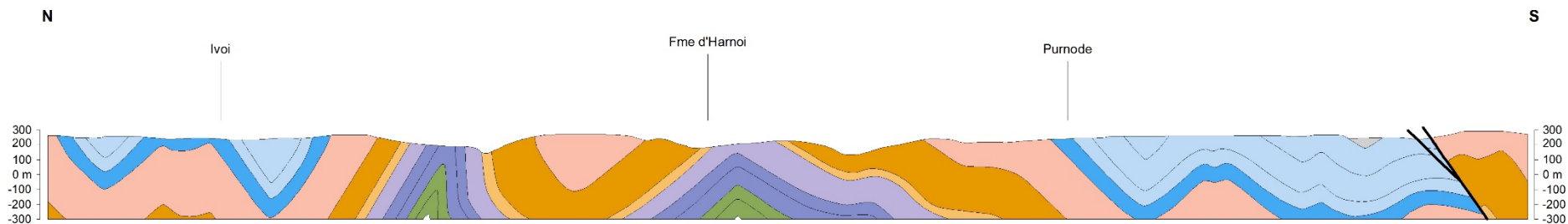
Afin de mieux visualiser et de mieux comprendre la structure géologique et le comportement des nappes de la région de Bioul - Yvoir, une coupe hydrogéologique a été réalisée (*Figure IV.26*). La position de la coupe (*Figure IV.25*) a été choisie pour illustrer au mieux la géologie (structures) et l'hydrogéologie (niveaux piézométriques, unités hydrogéologiques) de la zone cartographiée.

Le trait de coupe, orienté N-S, (*Figure IV.25*) est localisé en rive droite de la Meuse entre les hameaux de Loyî, au Sud, et Ivoi, au Nord. La piézométrie décrite ne vaut que pour la région située au droit de la coupe.



- Trait de coupe
- Point hydrogéologique**
 - Puits pour la distribution publique d'eau potable
 - Autre puits
 - ▲ Drain
 - ▲ Piézomètre
 - Source (exploitée ou non)
- Unité hydrogéologique**
 - Aquifère alluvial
 - Aquifère des sables de remplissage
 - Aquiclude d'argiles de remplissage
 - Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller
 - Aquifère des calcaires du Carbonifère
 - Aquifère - Aquitard - Aquiclude de l'Hastarien
 - Aquifère des grès du Famennien
 - Aquitard du Famennien
 - Aquiclude du Frasien
 - Aquifère des calcaires du Frasien
 - Aquifère des calcaires du Givetien
 - Aquitard de l'Eifelien
 - Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur
 - Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Figure IV.25 : Localisation du trait de coupe nord-sud sur la carte 53/3-4



▼ Cote piézométrique mesurée	Unité hydrogéologique	■ Aquiclude du Famennien
- - - Tracé hypothétique de la surface piézométrique	■ Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller	■ Aquiclude du Frasnien
- - - Niveau de base de la Meuse	■ Aquifère des calcaires du Carbonifère	■ Aquifère des calcaires du Frasnien
- - - Limite de bassin versant	■ Aquifère d'Hastièr	■ Aquifère des calcaires du Givetien
— Faille	■ Aquifère des grès du Famennien	■ Aquitard de l'Eifelien

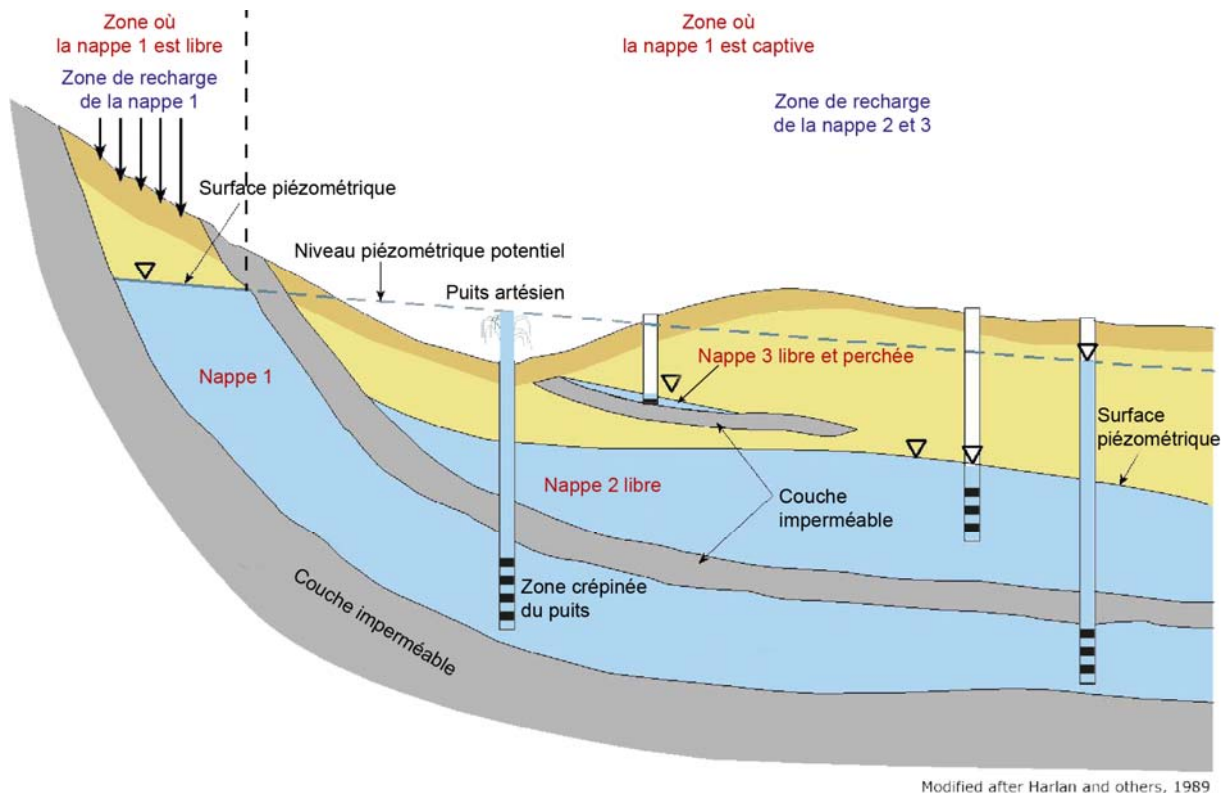
Figure IV.26 : Coupes hydrogéologiques de la planchette 53/3-4.

Plusieurs tendances sont observées ; dans les aquifères calcaires (givetiens, frasniens, carbonifères) la nappe est généralement profonde suite à l'intense karstification de ces roches et à la grande perméabilité qui s'ensuit. Dans les autres unités la nappe est peu profonde et suit globalement l'évolution du relief. C'est le cas notamment de l'aquifère des grès du Famennien où la nappe n'est souvent qu'à quelques mètres de profondeur, bien que ces roches forment les crêtes topographiques de la région. La présence de nombreuses sources, sur les flancs de plateau des Loges, renforce l'idée d'une nappe peu profonde. Ces sources sont généralement observées à proximité du contact avec les roches imperméables des aquicludes du Frasnien et du Famennien. Au niveau du synclinal de Houx, au sud de Purnode, la nappe au sein des roches siliceuses et des shales du Houiller inférieur est également peu profonde, 1 à 2 m. La présence de nombreuses sources dans cette unité confirme le caractère subaffleurant de cette nappe.

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

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

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



Modified after Harlan and others, 1989

Figure IV.27 : Représentation schématique des différents types de nappes (Topper et al., 2003, modifié)

Sur la planchette 53/3-4, les nappes contenues dans l'ensemble des formations sont globalement considérées comme libres pour une profondeur de forage de l'ordre de 100 m. Bien sûr, à plus grande profondeur, en fonction des structures, une nappe libre peut se transformer en nappe captive selon le pendage et la densité des axes de fractures ou des plans de stratification. Sur la carte Bioul - Yvoir deux cas se présentent :

1. la nappe des calcaires du Carbonifère pourrait être captive sous l'aquiclude du Houiller au sein du complexe synclinal d'Anhée ;
2. les nappes des calcaires du Givetien et du Frasnien pourraient être localement captives sous les aquicludes du Frasnien et du Famennien, comme par exemple le long des flancs des anticlinaux de Godinne et d'Harnoi.

Le type de nappe, libre ou captif, est représenté sur la carte des informations complémentaires et du caractère des nappes sur le poster A0 joint à cette notice.

V. CADRE HYDROCHIMIQUE

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

V.1. CARACTÉRISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

V.1.1 Aquifère des grès du Famennien

Quelques analyses hydrochimiques sont disponibles pour la nappe de l'Aquifère des grès du Famennien, aux bords du plateau des Loges (synclinal des Loges) où de nombreuses sources prennent naissance. La composition chimique de neuf de ces sources (sources n°1 à 9) a été analysée au cours de deux périodes (**André et Royaux, 1988**) :

1. en avril 1987, lors de la recharge des nappes ;
2. en octobre 1987, lors de l'étiage.

Parmi ces neuf sources, seules deux sources (n°7 et n°8) ont été sélectionnées (*Figure V.1*), car les concentrations (*Tableau V.1*) couvrent, globalement, la gamme de variation des différents paramètres. Signalons que la zone d'alimentation de la source n°7, au contraire de la n°8, se trouve entièrement en zone forestière.

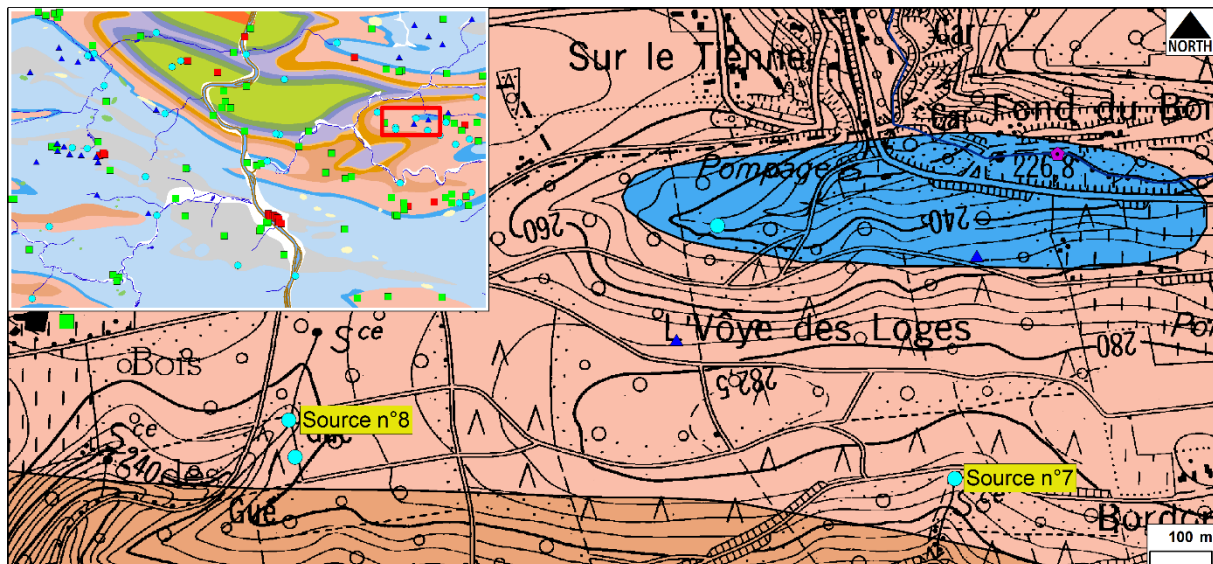


Figure V.1 : Localisation des sources n°7 et n°8, drainant l'Aquifère des grès du Famennien, ayant fait l'objet d'analyses chimiques en 1987.

Tableau V.1 : Analyses chimiques pour l'Aquifère des grès du Famennien

PARAMETRE	UNITE	NORME	Source n°8		Source n°7	
Profondeur (m)			/		/	
Date de prélèvement			24/04/1987	12/10/1987	22/04/1987	12/10/1987
pH	unité pH	6,5 à 9,2	6,81	/	6,52	/
Conductivité électrique	µS/cm	2100	/	/	/	/
Dureté totale	°F	67,5	/	/	/	/
Aluminium	µg/l Al	200	/	/	/	/
Calcium	mg/l Ca	270	28	46	10	10
Sodium	mg/l Na	200	15	15	9,8	6,4
Potassium	mg/l K		1,7	2,1	1,5	1,4
Magnésium	mg/l Mg	50	10	12	8	5,9
Fer (total dissous)	µg/l Fe	200	/	/	/	/
Manganèse	µg/l Mn	50	/	/	/	/
Chlorures	mg/l Cl	250	200	62	12	11
Nitrates	mg/l NO ₃	50	34	55	6,5	5,9
Nitrites	mg/l NO ₂	0,5	/	/	/	/
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	/	/	/	/
Sulfates	mg/l SO ₄	250	39	58,7	26	35,8

En fonction de leur localisation, les valeurs en nitrates peuvent changer, ainsi qu'au cours de l'année, comme le montre les analyses. Ces teneurs, en novembre 1987, dépassaient la norme de potabilité de 50 mg/l. Les eaux de cet aquifère sont plutôt acides ($6,52 < \text{pH} < 6,81$). Les teneurs en calcium sont faibles (10 à 28 mg/l) ainsi que celles en magnésium (8 à 12 mg/l). Les chlorures peuvent augmenter de manière considérable et atteindre des valeurs de 200 mg/l. Les teneurs en sulfates étaient moyennes (26 à 58,7 mg/l).

V.1.2 Aquifère des calcaires du Carbonifère

De nombreux ouvrages sollicitant la nappe de l'Aquifère des calcaires du Carbonifère ont fait l'objet d'analyses chimiques. Un certain nombre de ces dernières ont été rassemblées et sont présentées dans le [Tableau V.2](#). Les ouvrages concernés sont localisés au sud de Bioul (AU CHERIMONT PZ7, CHAPELLE DU SAINT SANG PZ2, CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P1 ET P3, [Figure V.2](#)) et au nord de Crupet (CAPTAGE DE CRUPET, VIVAQUA CRUPET 1, [Figure V.3](#)), à l'est de Salet (CAPTAGE DE SALET, [Figure V.3](#)), au nord-ouest de Warnant (CAPTAGE DE WARNANT, [Figure V.3](#)), à l'est d'Annevoie-Rouillon (FONTENY, [Figure V.3](#)), au nord de Neffe (PIEZO 5 ETUDE E-S-M, [Figure V.3](#)), au sud de Maredsous (PUITS TERRAIN DE SPORTS, [Figure V.3](#)), au sud de Besinne (RAVERDIE, [Figure V.3](#)).

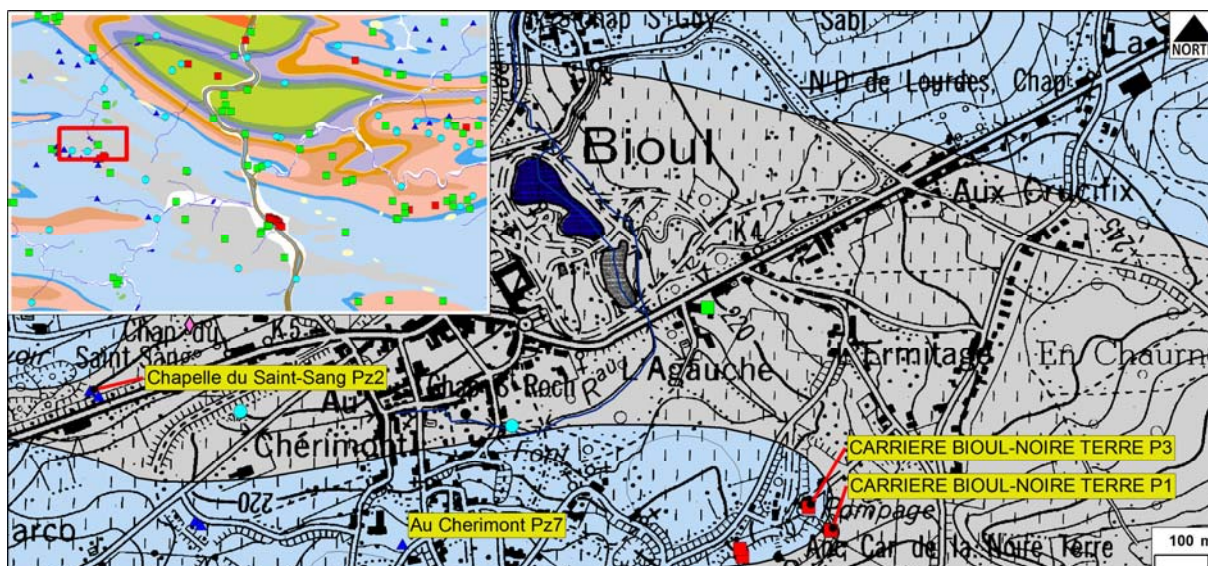


Figure V.2 : Localisation des piézomètres AU CHERIMONT PZ7 et CHAPELLE DU SAINT SANG PZ2 et des captages CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P1 et P3, sollicitant l'Aquifère des calcaires du Carbonifère, ayant fait l'objet d'analyses chimiques.

Les eaux de la nappe des calcaires du Carbonifère présentent un pH compris entre 7,17 et 8,31. La conductivité est comprise entre 539 et 755 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cette conductivité moyenne est à mettre en relation avec la présence d'ion calcium (94,3 à 129 mg/l) mais également, pour AU CHERIMONT PZ7 et CHAPELLE DU SAINT-SANG PZ2, à la présence d'une quantité non négligeable de fer, de manganèse, voire de sulfate. La dureté totale est comprise entre 27,5 et 38,4. Il s'agit d'une eau « plutôt dure » ($27,5^\circ\text{F}$) à « dure » ($30^\circ\text{F} < 40$). Les valeurs de nitrates plutôt élevées (>20 mg/l), de la plupart des ouvrages, témoignent de la sensibilité de la nappe des calcaires carbonifère aux intrants. Les valeurs nettement plus basses (<10 mg/l) des ouvrages CHAPELLE DU SAINT-SANG PZ2 et PIEZO 5 ETUDE E-S-M pourraient être dues à une protection de l'Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller et à une situation de nappe captive.

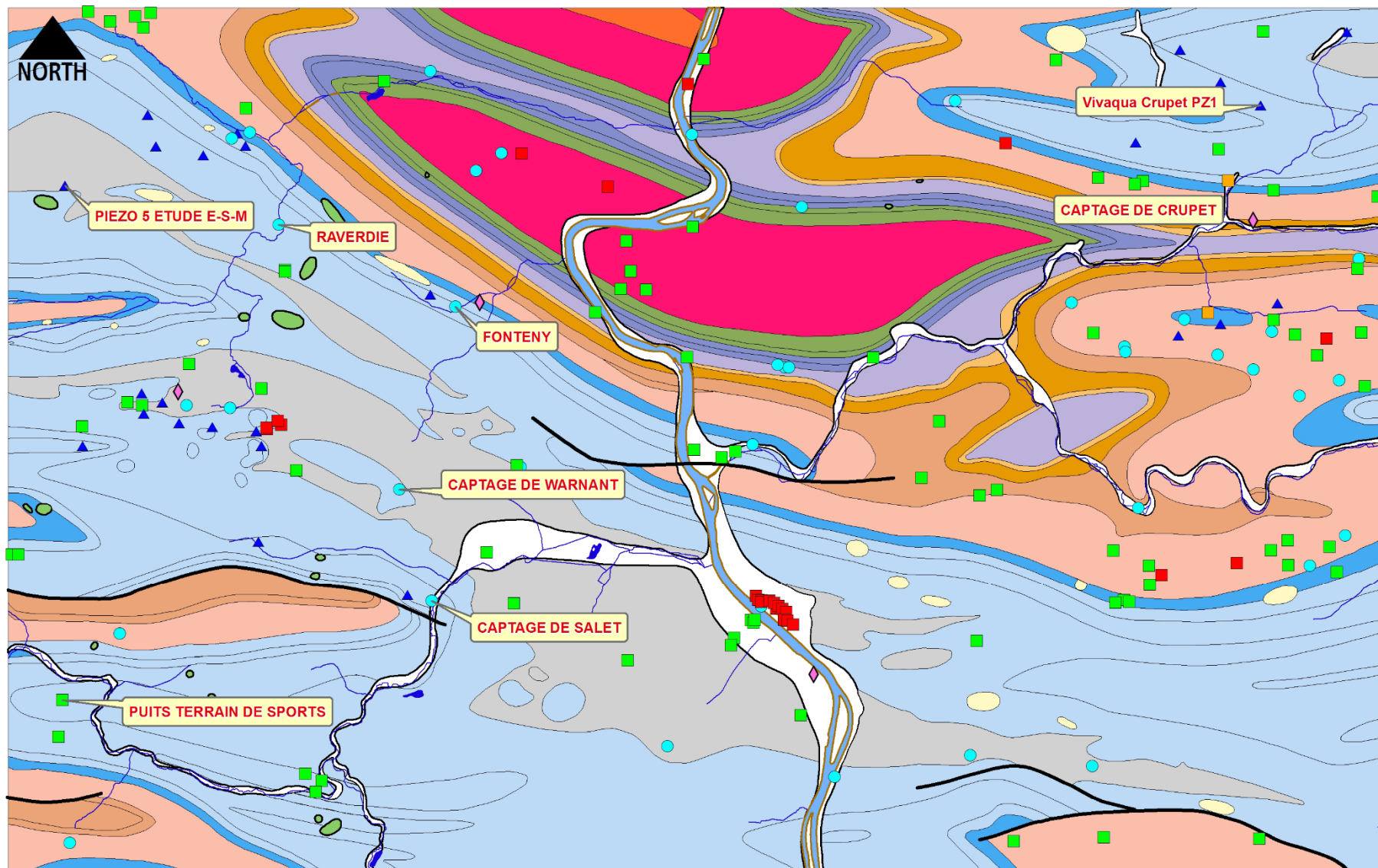


Figure V.3 : Localisation de l'ouvrage PUIITS TERRAIN DE SPORTS, SALET, WARNANT, PIEZO 5 ETUDE E-S-M, RAVERDIE, VIVAQUA CRUPET, CAPTAGE DE CRUPET, FONTENY ayant fait l'objet d'analyses chimiques.

Tableau V.2 : Analyses chimiques de la nappe de l'Aquifère des calcaires du Carbonifère

PARAMETRE	UNITE	NORME	AU CHERIMONT PZ7	CAPTAGE DE CRUPET	CAPTAGE DE SALET	CAPTAGE DE WARNANT	CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P1	CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P3	CHAPELLE DU SAINT-SANG PZ2	FONTENY	PIEZO 5 ETUDE E-S-M	PUITS TERRAIN DE SPORTS	RAVERDIE	VIVAQUA CRUPET 1
Profondeur (m)			50	Puits sur galerie	Source	Source	36	65	76	Source	65	94	Source	50
Date de prélèvement			24/09/1997	23/09/2009	14/10/2010	14/10/2010	13/11/2012	22/03/2012	23/09/1997	14/10/2010	21/11/2007	7/09/2011	13/10/2011	15/11/2007
pH	unité pH	6,5 à 9,2	7,17	7,4	7,18	7,31	7,57	8,05	7,59	7,48	8,28	7,31	7,38	8,31
Conductivité électrique	µS/cm	2100	755	662	603	582	687	644	539	663	665	625	609	714
Dureté totale	°F	67,5	31,2	36,7	34,2	31,4	35,4	38,4	27,5	36,8	35,6	36,9	31,2	38,2
Aluminium	µg/l Al	200	0	<1	3	<3	9	12	74	<3	/	<20	0	/
Calcium	mg/l Ca	270	112,3	108	118,2	120,6	121,4	129	94,3	107,8	127,5	126	102,2	106,84
Sodium	mg/l Na	200	12,5	9,9	5,6	6,2	8,2	10,2	5,4	8,3	10,69	15,1	4,5	9,9
Potassium	mg/l K		3,9	1,6	0,5	0,5	1,4	1,4	2,7	1,5	0	2,5	0,9	0
Magnésium	mg/l Mg	50	7,5	23,6	11,3	3,2	12,5	15,1	9,5	24	9,08	13,3	13,8	27,97
Fer (total dissous)	µg/l Fe	200	10 920	<5	<12	<12	40	59	1 164	<12	64	<5	0	16
Manganèse	µg/l Mn	50	356	<1	<1	<0,1	7,7	6,3	62	0,1	5	<1	0	2
Chlorures	mg/l Cl	250	38,3	27,2	15	23,6	33,5	32,9	8,9	25,8	38,48	31	25	28,34
Nitrates	mg/l NO ₃	50	3,4	35,3	21,14	31,25	31,1	31,3	2,5	20,61	11,03	26	34,46	42,2
Nitrites	mg/l NO ₂	0,5	0	<0,03	<0,01	<0,01	0	0	0	<0,01	0	0	0	0
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	0	<1	<0,06	<0,06	0	0	0,04	<0,06	0	0	0	0
Sulfates	mg/l SO ₄	250	88,1	35,4	23,9	26,8	46,9	47,8	19,2	40,2	41,64	31	34,4	35,28
Bicarbonate	mg/l HCO ₃		/	357,4	377	306	/	/	/	364,8	318,6	363,5	323,6	338,4

V.1.3 Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

Une analyse chimique est disponible pour l'Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller ([Tableau V.3](#)) et concerne une source (SOURCE EMERGENCE 1) à Bioul ([Figure V.4](#)).

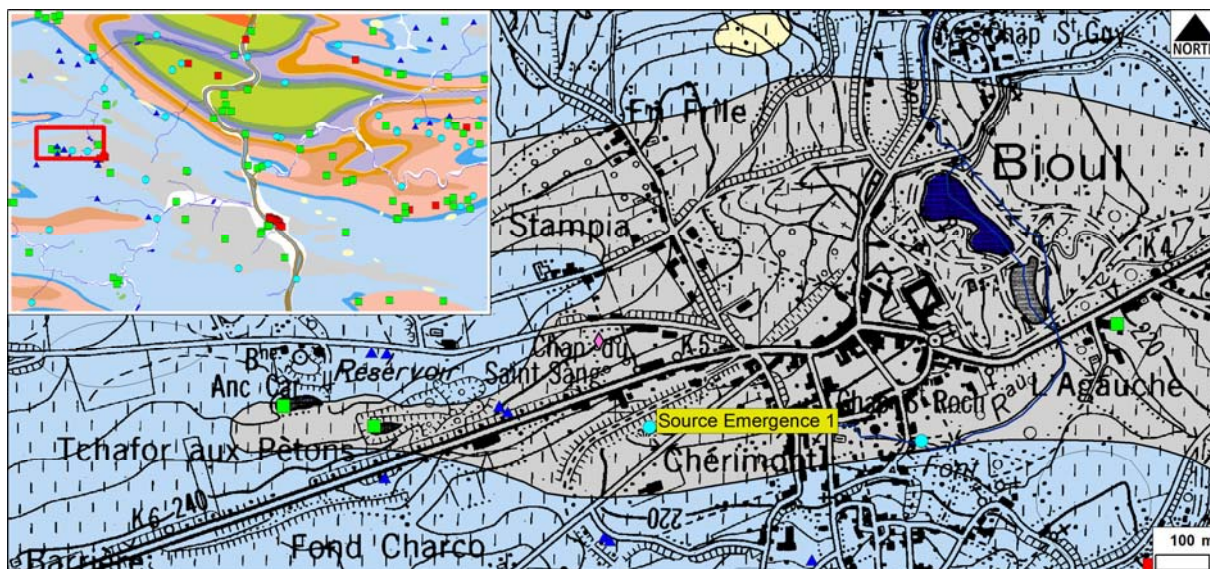


Figure V.4 : Localisation de la source SOURCE EMERGENCE 1 drainant l'Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller.

Tableau V.3 : Analyses chimiques pour l'Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

PARAMETRE	UNITE	NORME	Source Emergence 1
Profondeur (m)			/
Date de prélèvement			27/05/1994
pH	unité pH	6,5 à 9,2	7,64
Conductivité électrique	µS/cm	2100	591
Dureté totale	°F	67,5	33,4
Aluminium	µg/l Al	200	797
Calcium	mg/l Ca	270	111,4
Sodium	mg/l Na	200	16,9
Potassium	mg/l K		8
Magnésium	mg/l Mg	50	13,5
Fer (total dissous)	µg/l Fe	200	1 128
Manganèse	µg/l Mn	50	223
Chlorures	mg/l Cl	250	73,5
Nitrates	mg/l NO ₃	50	22,1
Nitrites	mg/l NO ₂	0,5	0,48
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	0,3
Sulfates	mg/l SO ₄	250	69,4

Le pH est plutôt basique (7,64) et la conductivité inférieure à 600 µS/cm. Les teneurs en calcium (111,4 mg/l), en chlorures (73,5 mg/l), en sulfates (69,4 mg/l) et en nitrates sont relativement importantes tout en ne dépassant pas la norme de potabilité.

Cette source présente un fort dépassement de la norme de potabilité en fer (1 128 µg/l), en manganèse (223 µg/l) et en aluminium (797 µg/l) mais un traitement simple des eaux permet toutefois de revenir à une concentration normale. La présence de pyrite oxydée pourrait expliquer les teneurs élevées en fer.

V.1.4 Aquifère - Aquitard - Aquiclude de l'Hastarien

Quatre ouvrages sollicitant l'aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien ont fait l'objet d'analyses chimiques (Tableau V.4). Il s'agit de l'émergence ARBRE E1 au sud de Besinne (Figure V.5), du puits DORINNE au sud de Dorinne près du lieu-dit L'Orichamp (Figure V.5) du puits PUIITS TRADITIONNEL au sud de Purnode (Figure V.5) et du captage de Durnal au sud de Crupet (Figure V.5).

Tableau V.4 : Analyses chimiques pour l'Aquifère - Aquitard - Aquiclude de l'Hastarien

PARAMETRE	UNITE	NORME	CAPTAGE DE DURNAL	DORINNE	PUIITS TRADITIONNEL	ARBRE E1
Profondeur (m)			Puits sur galerie	82	20	Emergence
Date de prélèvement			23/09/2009	29/11/2007	31/08/2012	23/10/2012
pH	unité pH	6,5 à 9,2	7,45	8,42	6,65	7,43
Conductivité électrique	µS/cm	2100	485	813,8	697	554
Dureté totale	°F	67,5	26,2	38	38,2	30,3
Aluminium	µg/l Al	200	<1	/	12	10
Calcium	mg/l Ca	270	90	131,35	136	96,6
Sodium	mg/l Na	200	7,8	15,01	22	12,1
Potassium	mg/l K		1,6	21,82	5,6	2,2
Magnésium	mg/l Mg	50	9	12,69	11	15
Fer (total dissous)	µg/l Fe	200	<5	9	<75	9
Manganèse	µg/l Mn	50	<1	3	<20	0,1
Chlorures	mg/l Cl	250	19,4	40,72	33	34
Nitrates	mg/l NO ₃	50	27,6	69,14	34	35,8
Nitrites	mg/l NO ₂	0,5	<0,03	0	<0,05	0
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	<0,05	0	<0,02	0
Sulfates	mg/l SO ₄	250	26,4	39,1	34	40,9
Bicarbonates	mg/l HCO ₃		249,7	333,8	76,5	/

Les analyses présentent une forte variabilité de pH (6,65 à 8,42) et de conductivité (485 à 813,8 µS/cm). Il en va de même avec les teneurs en calcium (90 à 136 mg/l). L'eau est « plutôt dure » à « dure » (26,2 à 38,2 °F). En plus de présenter le pH et la conductivité les plus élevés, l'ouvrage DORINNE se démarque par les valeurs les plus fortes en potassium (21,8 mg/l), en chlorures (40,7 mg/l) et en nitrates (69,1 mg/l). Les autres ouvrages ne présentent pas de dépassement de la norme de potabilité en nitrates (50 mg/l), au moment de l'analyse.

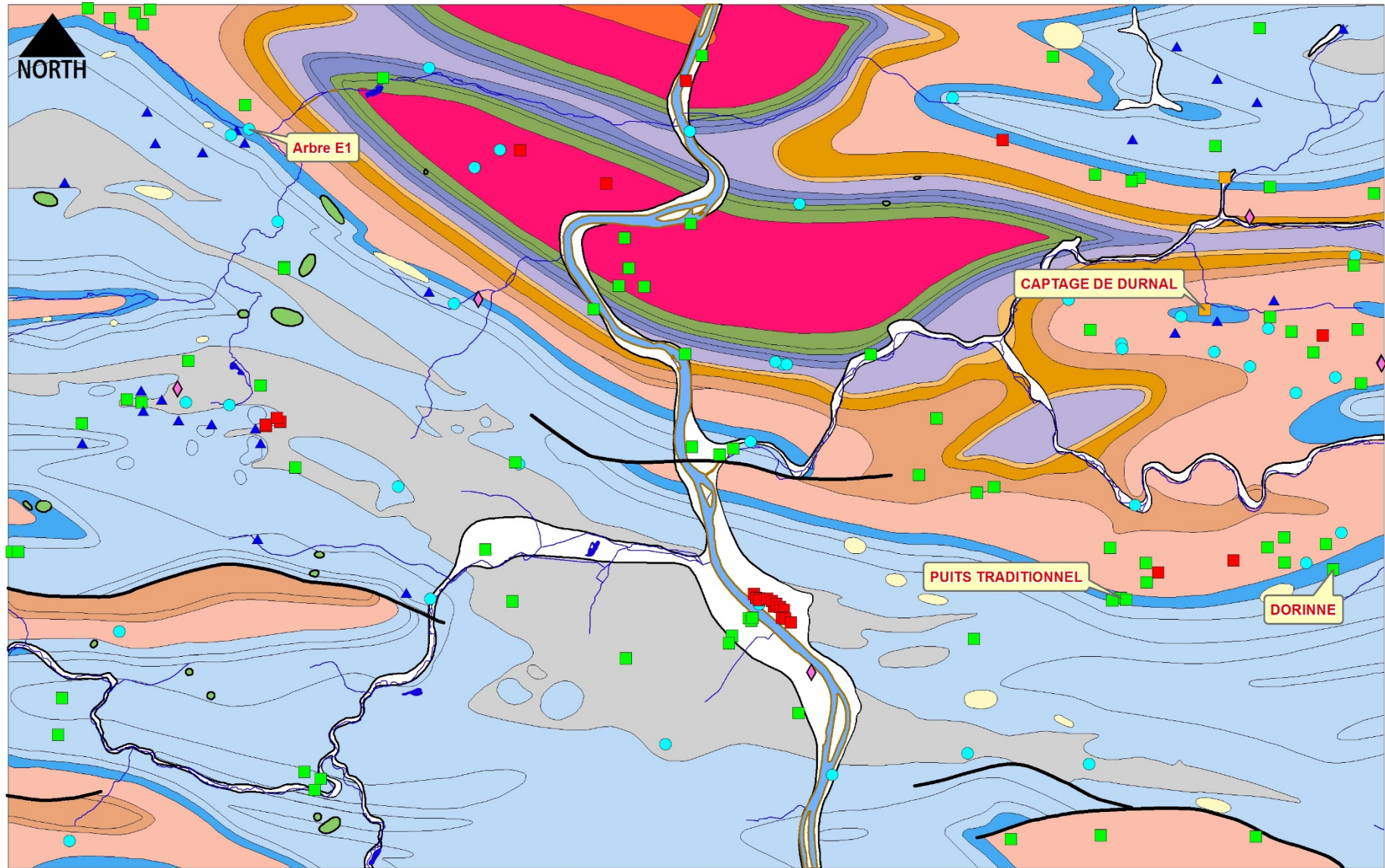


Figure V.5 : Localisation de l'émergence ARBRE E1, Puits Traditionnel, Dorinne et du captage de Durnal sollicitant l'Aquifère - Aquitard - Aquiclude de l'Hastarien.

V.1.5 Aquifère des calcaires du Givetien

Deux ouvrages sollicitant l'Aquifère des calcaires du Givetien ont fait l'objet d'analyses chimiques (*Tableau V.4*). Il s'agit de la RESURGENCE DE L'ECLUSE à Rivière (*Figure V.6*) et de la VILAINE SOURCE à l'est d'Arbre (*Figure V.6*).

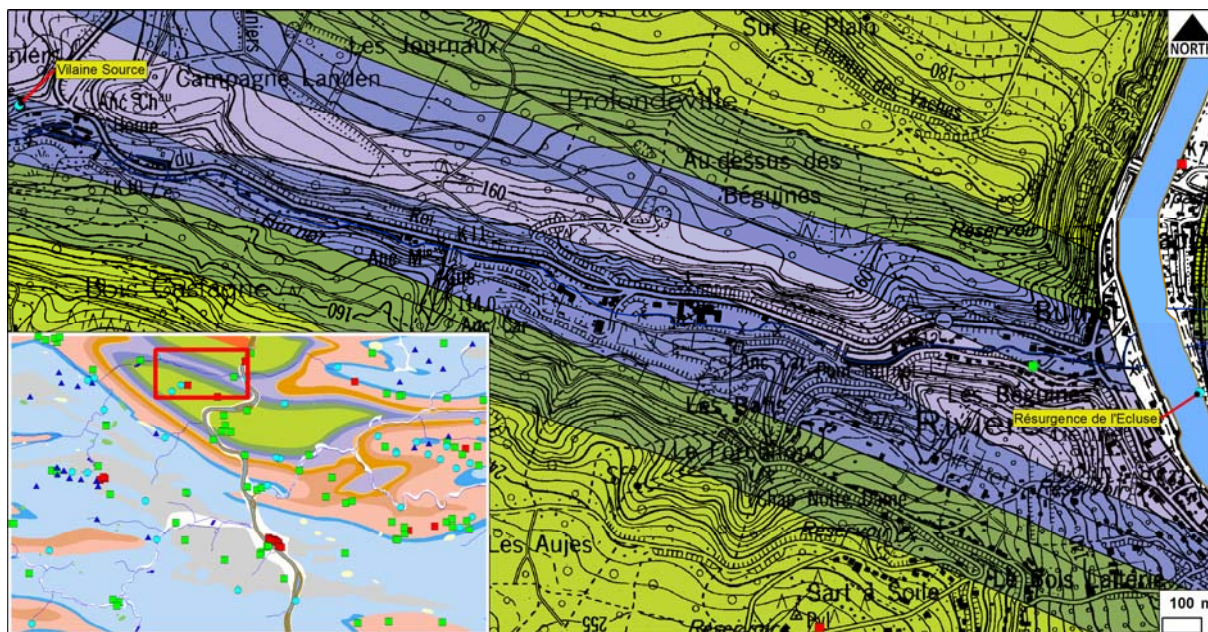


Figure V.6 : Localisation des résurgences de la VILAINE SOURCE et de L'ECLUSE drainant l'Aquifère des calcaires du Givetien.

Tableau V.5 : Analyses chimiques pour l'Aquifère des calcaires du Givetien

PARAMETRE	UNITE	NORME	RÉSURGENCE DE L'ECLUSE	VILAINE SOURCE
Profondeur (m)			/	/
Date de prélèvement			31/07/2007	07/12/2007
pH	unité pH	6,5 à 9,2	8,38	8,45
Conductivité électrique	µS/cm	2100	420	395
Dureté totale	°F	67,5	19,32	18,7
Aluminium	µg/l Al	200	/	/
Calcium	mg/l Ca	270	68,64	63,82
Sodium	mg/l Na	200	12,56	9,8
Potassium	mg/l K		2,58	4,87
Magnésium	mg/l Mg	50	5,22	6,67
Fer (total dissous)	µg/l Fe	200	144	114
Manganèse	µg/l Mn	50	23	2
Chlorures	mg/l Cl	250	18,36	19,77
Nitrates	mg/l NO ₃	50	11,01	35,95
Nitrites	mg/l NO ₂	0,5	<0,2	0
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	<0,1	0
Sulfates	mg/l SO ₄	250	36,45	21,71
Bicarbonates	mg/l HCO ₃		174,4	163,0

L'eau analysée des ouvrages repris ici présentent un pH plutôt élevé (8,38 à 8,45) mais une conductivité peu élevée (395 à 420 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Étonnamment, l'eau de ces ouvrages est pauvre en ion calcium (63,8 à 68,6 mg/l). L'eau est plutôt dure ($15 < F < 30$). Alors que la résurgence DE L'ECLUSE présente une teneur en nitrate de 11 mg/l, la VILAINE SOURCE en présente presque 36 mg/l. Ces dernières sont les résurgences d'un système karstique très actif ; dès lors leurs chimismes peuvent être fortement influencés par les eaux de ruissellement.

V.1.6 Aquifère alluvial

Deux captages et un puits de particulier disposent d'analyses récentes pour caractériser la nappe de l'Aquifère alluvial de la Meuse. Il s'agit de la batterie de 12 puits du captage de Champale au sud d'Yvoir (Figure V.7) exploités par VIVAQUA, du puits LUSTIN MEUSE P1 au Sud de Lustin (Figure V.8) exploité par la S.W.D.E. et du puits FALAEN au sud-ouest de la carte (Figure V.9).

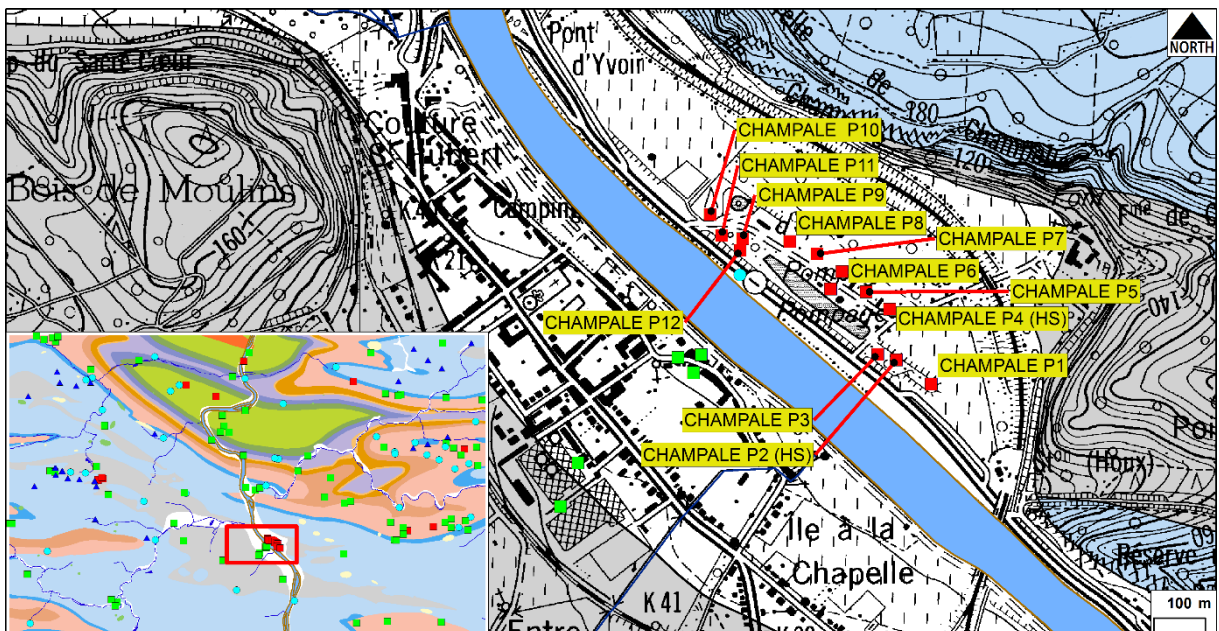


Figure V.7 : Localisation des puits de la batterie du captage de Champale, sollicitant l'Aquifère alluvial, ayant fait l'objet d'analyses chimiques.

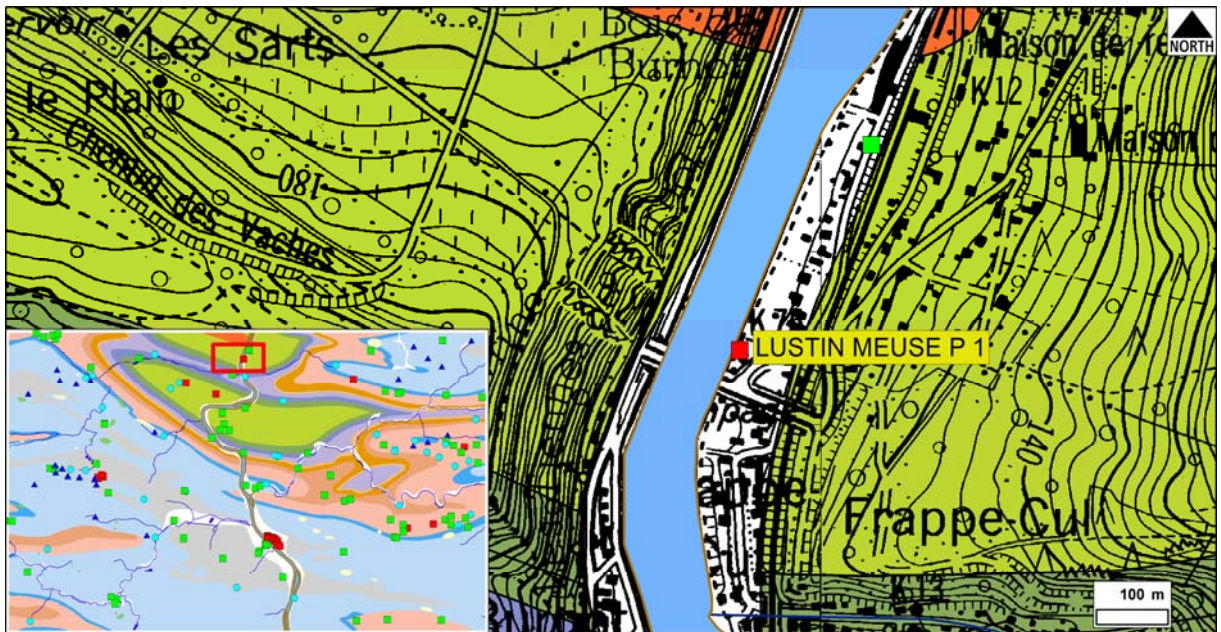


Figure V.8 : Localisation du puits LUSTIN MEUSE P1, sollicitant l'Aquifère alluvial, ayant fait l'objet d'analyses chimiques.

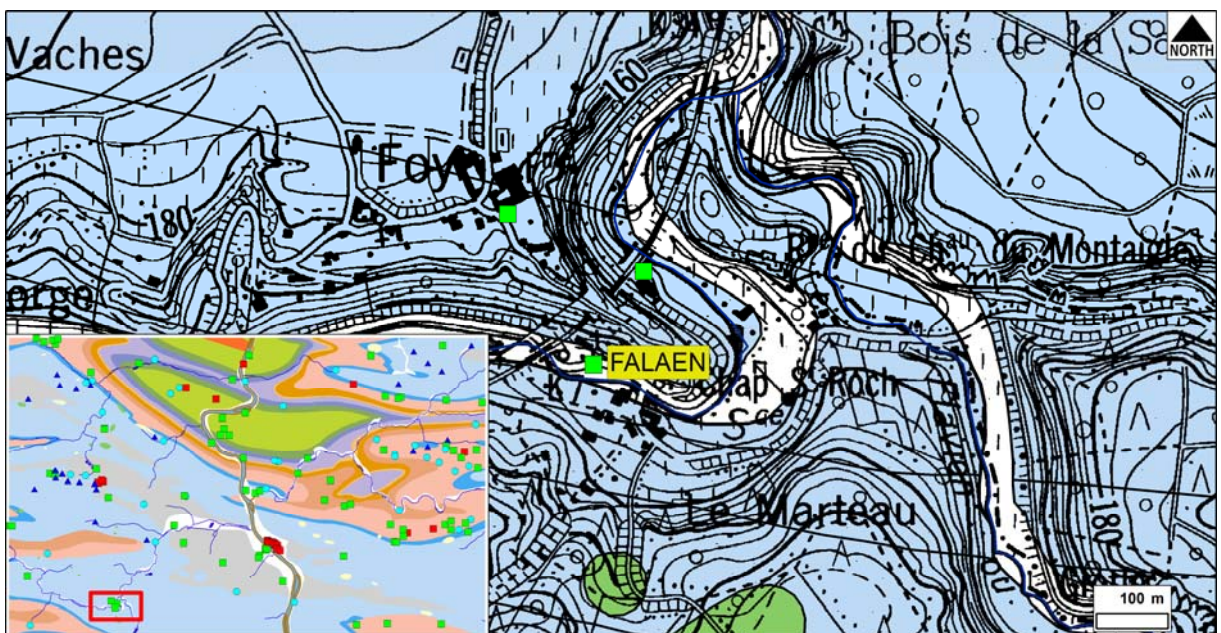


Figure V.9 : Localisation du puits FALAEN, sollicitant l'Aquifère alluvial, ayant fait l'objet d'analyses chimiques.

Les eaux de la nappe alluviale présentent un pH légèrement basique (>7) et une conductivité relativement faible (<600 $\mu\text{S}/\text{cm}$). L'eau est plutôt dure (15 à 30°F) à dur (30 à 40°F). L'eau est peu minéralisée dans l'ensemble (sodium, potassium, magnésium, fer, manganèse). Aucun problème de pollution (nitrate, chlorure, etc.) n'est à signaler sur les ouvrages échantillonnés.

Tableau V.6 : Analyses chimiques pour l'Aquifère alluvial

PARAMETRE	UNITE	NORME	CHAMPALE BATTERIE DE 12 PUIITS	FALAEN	LUSTIN MEUSE P1
Profondeur (m)			9	2	9
Date de prélèvement			14/09/2010	7/09/2011	24/01/2012
pH	unité pH	6,5 à 9,2	7,25	7,37	7,25
Conductivité électrique	µS/cm	2100	528	564	391
Dureté totale	°F	67,5	26,3	33,6	22,6
Aluminium	µg/l Al	200	2	<20	<20
Calcium	mg/l Ca	270	93	114	81
Sodium	mg/l Na	200	18,5	10,5	4,4
Potassium	mg/l K		2,8	1,8	0,9
Magnésium	mg/l Mg	50	7,6	12,8	6,1
Fer (total dissous)	µg/l Fe	200	<5	<5	33
Manganèse	µg/l Mn	50	6,6	<1	<1
Chlorures	mg/l Cl	250	27,9	25	13
Nitrates	mg/l NO ₃	50	11,8	24	4,7
Nitrites	mg/l NO ₂	0,5	<0,03	0	0
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	<0,05	0	0
Phosphates	µg/l PO ₄		/	/	/
Sulfates	mg/l SO ₄	250	39,4	27	19
Bicarbonates	mg/l HCO ₃		274,2	317	242,4

V.1.7 Commentaires

La [Figure V.10](#) présente la classification des eaux souterraines dans un diagramme de Piper (*Fetter, 2001*). Les analyses suffisamment complètes des différentes nappes y ont été projetées ([Figure V.11](#)).

Les échantillons d'eau des différents aquifères projetés dans le diagramme de Piper (Aquifères des calcaires du Givetien et du Carbonifère, l'Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien) ont tous un caractère marqué par le calcium et dans une moindre mesure par le magnésium (eaux bicarbonatée calcique et magnésienne).

L'eau de l'Aquifère des calcaires du Givetien se démarque de celle de l'Aquifère des calcaires du Carbonifère par un caractère calcique moins marqué ($\text{Ca}^{2+} < 70 \text{ mg/l}$ contre $\text{Ca}^{2+} > 102 \text{ mg/l}$).

L'eau de l'Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien semble plus marquée par le potassium et le sodium. Un échantillon (DORINNE) se démarque du lot du fait de ses teneurs en nitrates (69,1 mg/l) et en chlorures (40,7 mg/l) nettement plus élevées que les deux autres échantillons.

Le caractère bicarbonaté calcique des eaux de l'Aquifère alluvial de la Meuse est peut-être à mettre en relation avec son alimentation par les eaux des calcaires du Dévonien et du Carbonifère.

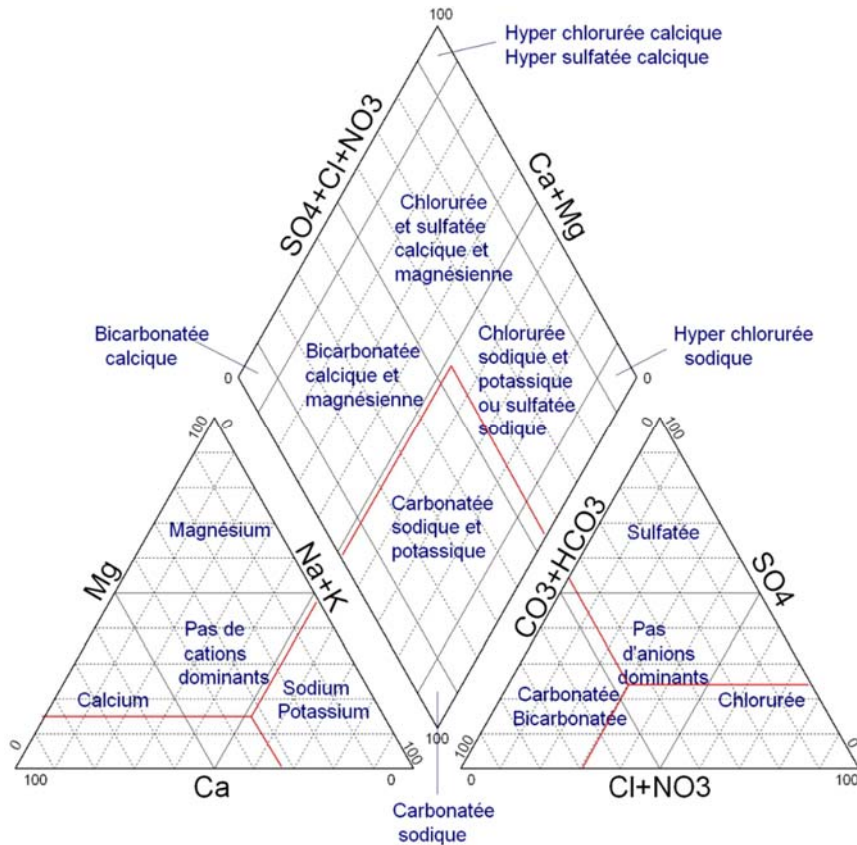


Figure V.10 : Classification hydrochimique des eaux souterraines (Fetter, 2001).

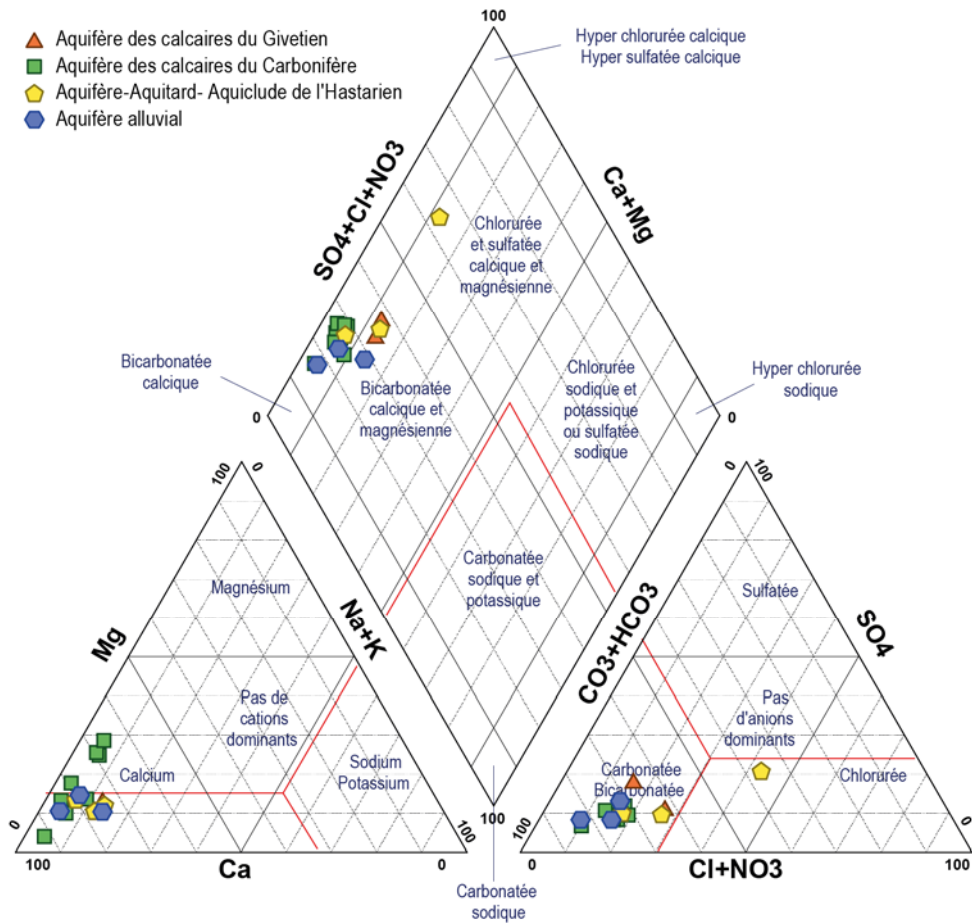


Figure V.11: Diagramme de Piper des analyses hydrochimiques des différentes unités hydrogéologiques rencontrées sur la carte Bioul - Yvoir.

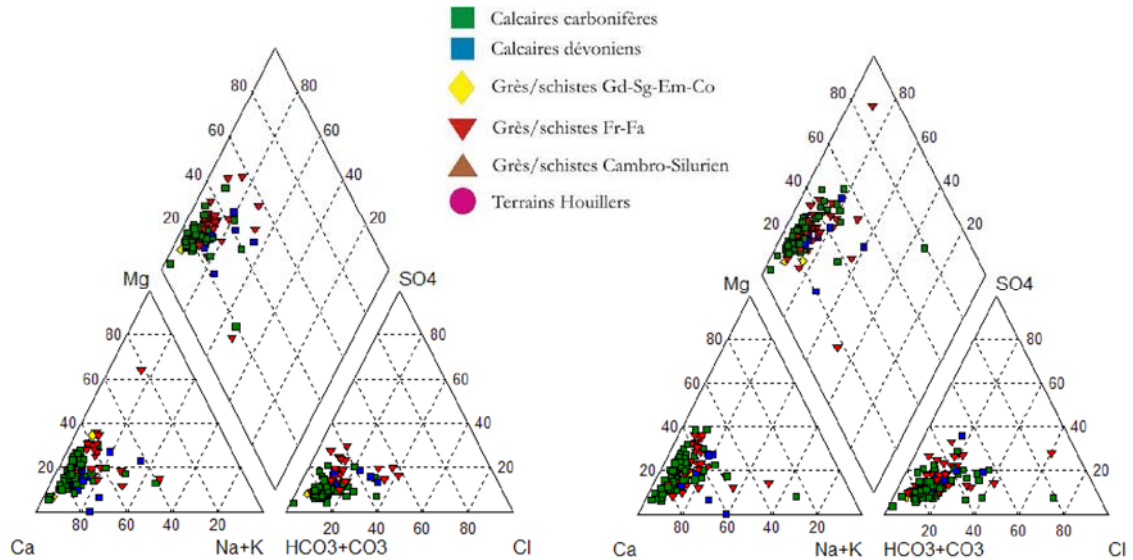


Figure V.12 : Distribution dans le diagramme de Piper des cations et par unité hydrogéologique des analyses d'eaux souterraines réalisées dans la masse d'eau RWM021 en été (gauche) et en hiver (droite) (Brouyère *et al.*, 2009b).

Brouyère *et al.* (2009b) ont étudié la masse d'eau RWM021. La [Figure V.12](#) présente la distribution des analyses chimiques d'eaux souterraines, réalisées dans la masse d'eau RWM021 (« calcaires et grès du Condroz »), dans le triangle des cations de Piper par unité hydrogéologique.

Brouyère *et al.* (2009b) montrent que les eaux souterraines de la masse d'eau RWM021 ne présentent pas de différences significatives au niveau de leur chimisme : « Une distinction peut cependant être faite entre les eaux originaires d'une part, des formations calcaires et gréseuses (Famennien) et d'autre part, des formations gréseuses du Dévonien et du socle Cambro-silurien du Massif de Brabant, ces dernières étant moins minéralisées. La différence principale entre ces deux groupes est la concentration en calcium logiquement plus importante pour les unités calcaires par rapport aux eaux des unités schisto-gréseuses. Au sein de la RWM021, la différenciation des eaux souterraines provenant des différents aquifères est malaisée par des approches classiques type diagrammes de Piper. »

Généralement, une conductivité électrique comprise entre 150 et 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sera représentative d'un Aquiclude du Famennien tandis qu'une conductivité électrique supérieure à 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ le sera d'un aquifère calcaire. Au-delà de 850 $\mu\text{S}/\text{cm}$, on peut considérer une influence anthropique plus ou moins importante (Brouyère *et al.*, 2009a). Les analyses où la conductivité électrique est supérieure à 850 $\mu\text{S}/\text{cm}$ présente systématiquement des concentrations $[\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}] > 150 \text{ mg/l}$.

Sans pour autant dépasser la valeur de 850 $\mu\text{S}/\text{cm}$, le puits DORINNE (Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien), avec ses 813,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ présente une concentration $[\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}]$ qui atteint 109,9 mg/l ; valeur nettement supérieure aux autres échantillons d'eau de cet aquifère et qui le font se démarquer.

V.2. PROBLÉMATIQUE DES NITRATES

Afin de limiter les apports (essentiellement agricoles) en nitrates, des zones vulnérables ont été délimitées dans le cadre de la Directive Européenne Nitrates (91/976/CEE). Elles sont établies afin de protéger les eaux de surface et les eaux souterraines contre la pollution par les nitrates d'origine agricole (Figure V.13). Pour plus d'informations, le site www.nitrawal.be peut être consulté.

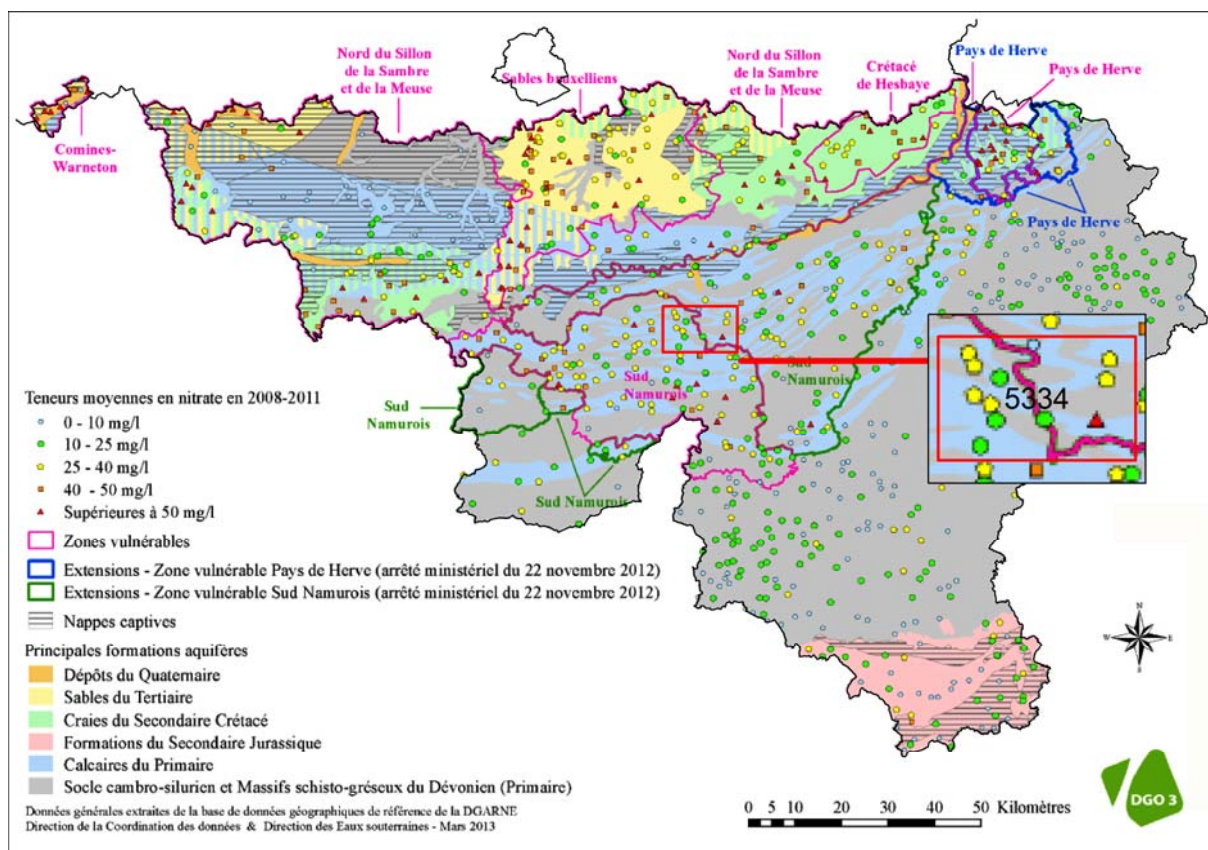


Figure V.13 : Teneurs moyennes en nitrate entre 2008 et 2011 sur les ouvrages du réseau de surveillance du Service public de Wallonie et localisation de la carte Bioul - Yvoir (53/3-4) (http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/pdf/c3_2_a4.pdf, SPW-DGO 3, 2013).

La carte Bioul - Yvoir se situe dans la zone "Sud Namurois" + "Extension Sud Namurois" (Figure V.13). Actuellement, et suivant le réseau de surveillance des nappes d'eau souterraine de la Région wallonne par le Service public de Wallonie, les teneurs en nitrates de cette région varient entre 0 et plus de 50 mg/l (Figure V.13). On distingue :

- les ouvrages dont les teneurs en nitrates sont comprises entre 0 et 10 mg/l et sollicitant principalement les nappes du socle cambro-silurien et/ou des sédiments détritiques du Dévonien ;
- les ouvrages dont les teneurs en nitrates sont comprises entre 10 et 25 mg/l ou 25 et 40 mg/l et sollicitant les nappes du socle cambro-silurien et/ou des sédiments détritiques du Dévonien et/ou les calcaires paléozoïques ;

- les ouvrages dont la teneur en nitrates est supérieure à 50 mg/l et sollicitant les calcaires du Dévonien.

A l'état naturel, les eaux souterraines sont pauvres en nitrates ($\text{NO}_3 < 10 \text{ mg/l}$). On peut considérer qu'une teneur en nitrates supérieure à 10 mg/l traduit une influence anthropique significative (**Brouyère et al., 2009**), la valeur de 50 mg/l étant la teneur maximum acceptée pour une eau potable. La plupart des captages du réseau de surveillance de la Région wallonne de la carte Bioul - Yvoir présenteraient donc des teneurs d'origines anthropiques.

V.2.1 Aquifère - Aquitard - Aquiclude de l'Hastarien

Pour l'Aquifère – Aquitard - Aquiclude de l'Hastarien, des données nitrates sont disponibles de 1994 à 2012 pour la source ARBRE E1 (*Figure V.14*).

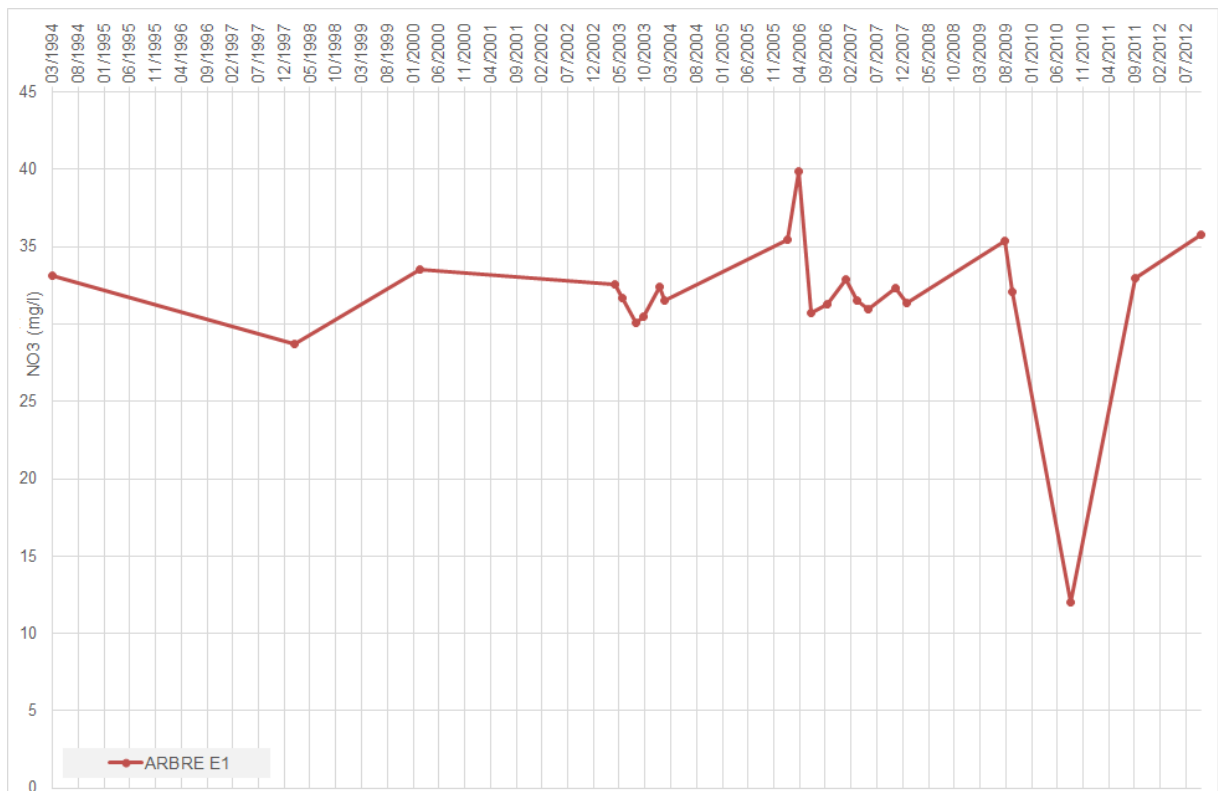


Figure V.14 : Evolution de la teneur en nitrates de la source ARBRE E1 entre mars 1994 et juillet 2012.

Aucun dépassement de la norme de potabilité en nitrate, entre 1994 et 2012, n'a été enregistré pour la source ARBRE E1. Les teneurs, 12 à 39,9 mg/l, sont malgré tout relativement élevées par rapport à la norme de potabilité de 50 mg/l, tout en restant stables.

V.2.2 Aquifère des calcaires du Carbonifère

Pour l'Aquifère des calcaires du Carbonifère, des données nitrates sont disponibles pour 5 ouvrages (*Figure V.15*) :

- la source RAVERDIE de 1998 à 2011 ;

- le puits TERRAIN DE SPORTS de 2006 à 2012 ;
- la source FONTENY de 1998 à 2010 ;
- le puits BIOUL NOIRE TERRE P3 de 1997 à 2012 ;
- le puits BIOUL NOIRE TERRE P1 de 1994 à 2012.

La source RAVERDIE présente une évolution globale à la baisse de ses teneurs en nitrates entre avril 1998 (38,6 mg/l) et novembre 2007 (26,9 mg/l) suivit par une remontée brusque (37,1 mg/l) en mars 2008. Les teneurs semblent stables jusqu'en aout 2011, entre 34 et 37 mg/l.

Bien que ces teneurs soient relativement élevées par rapport à la norme de potabilité de 50 mg/l, aucun dépassement de la norme de potabilité en nitrate, entre 1998 et 2011, n'a été enregistré pour la source RAVERDIE.

Le puits TERRAIN DE SPORTS présente lui aussi une évolution globale plutôt à la baisse entre novembre 2006 et mars 2011, mais seulement de 2 mg/l. Les teneurs sont un peu plus basses que pour RAVERDIE mais restent assez élevées (25 à 27 mg/l), sans toutefois dépasser la norme de potabilité en nitrates fixée à 50 mg/l.

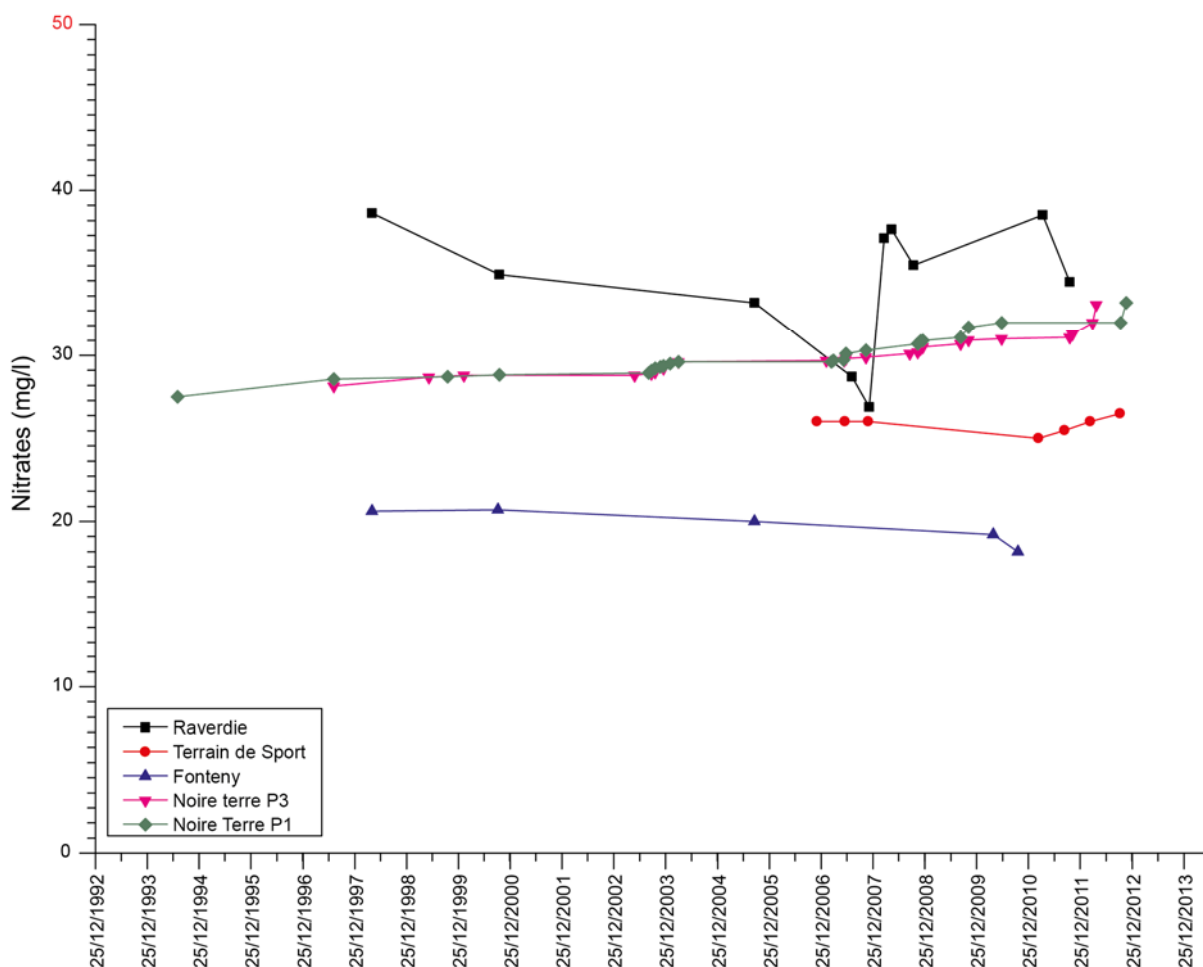


Figure V.15 : Evolution de la teneur en nitrates pour les puits RAVERDIE, TERRAIN DE SPORT, FONTENY, BIOUL NOIRE TERRE P1 et BIOUL NOIRE TERRE P3 entre 1993 et 2012.

La source FONTENY par contre semble montrer un comportement inverse, soit une augmentation globale de la teneur en nitrates entre avril 1998 et aout 2010, avec une hausse de 18 à 21 mg/l, soit plus ou moins 3 mg/l sur 12 ans.

Il est cependant à noter que la fréquence basse des mesures pour ces trois ouvrages (RAVERDIE, TERRAIN DE SPORTS et FONTENY) peut cacher des variations plus importantes, notamment saisonnières.

La nappe des calcaires carbonifères, au niveau de la carrière « Noire Terre », présente une évolution des teneurs en nitrates qui semble globalement à la hausse entre 1994 et 2012, de l'ordre 3 à 5 mg/l de nitrates. Les teneurs restent assez élevées (27 à 33 mg/l), sans toutefois dépasser la norme de potabilité (50 mg/l).

V.2.3 Aquifère alluvial

Pour l'Aquifère alluvial, des données nitrates sont disponibles pour le puits FALAEN (Figure V.16), le puits LUSTIN MEUSE P1 (Figure V.17) et le captage de CHAMPALE, constitué de 12 puits (Figure V.18).

Les teneurs enregistrées pour le puits FALAEN (Figure V.16) ont été stables entre 2006 et mars 2012 et se situaient entre 20 et 25 mg/l. Entre mars et octobre 2012, une diminution significative d'environ 15 mg/l est notée.

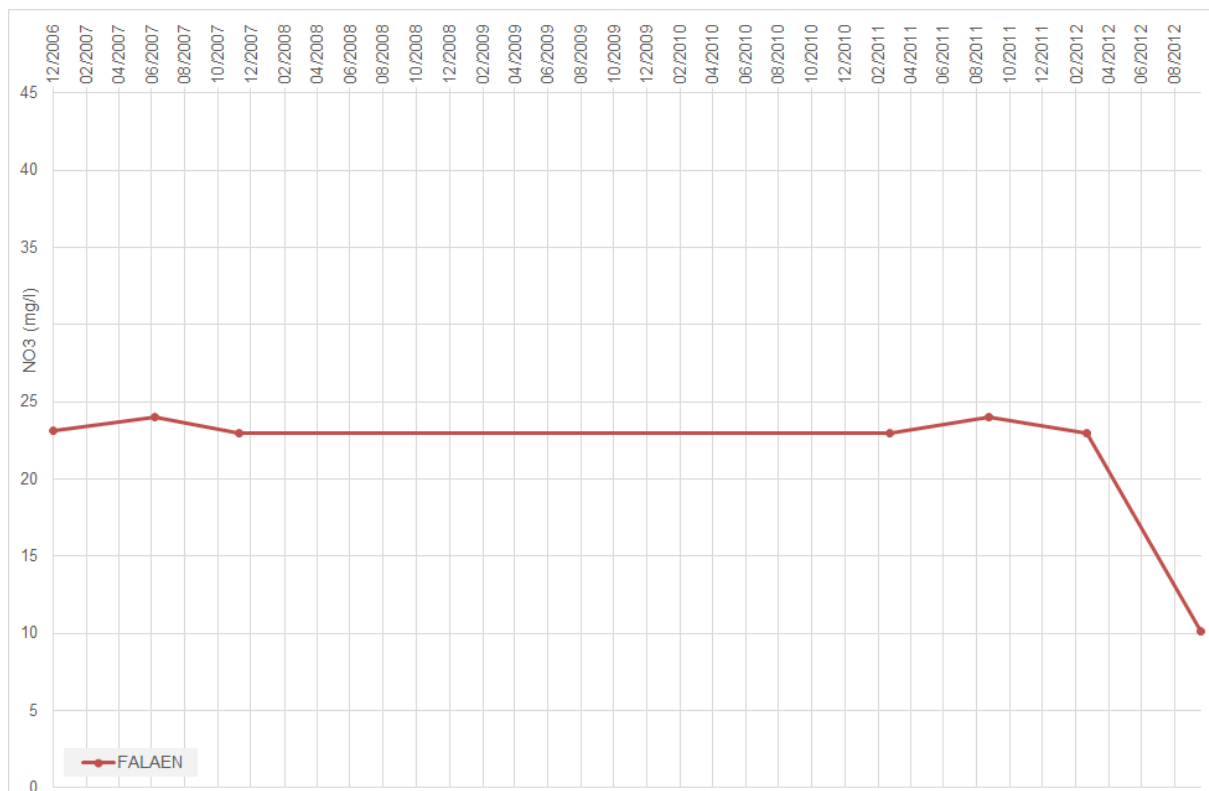


Figure V.16 : Evolution de la teneur en nitrates pour le puits FALAEN, entre décembre 2006 et octobre 2012.

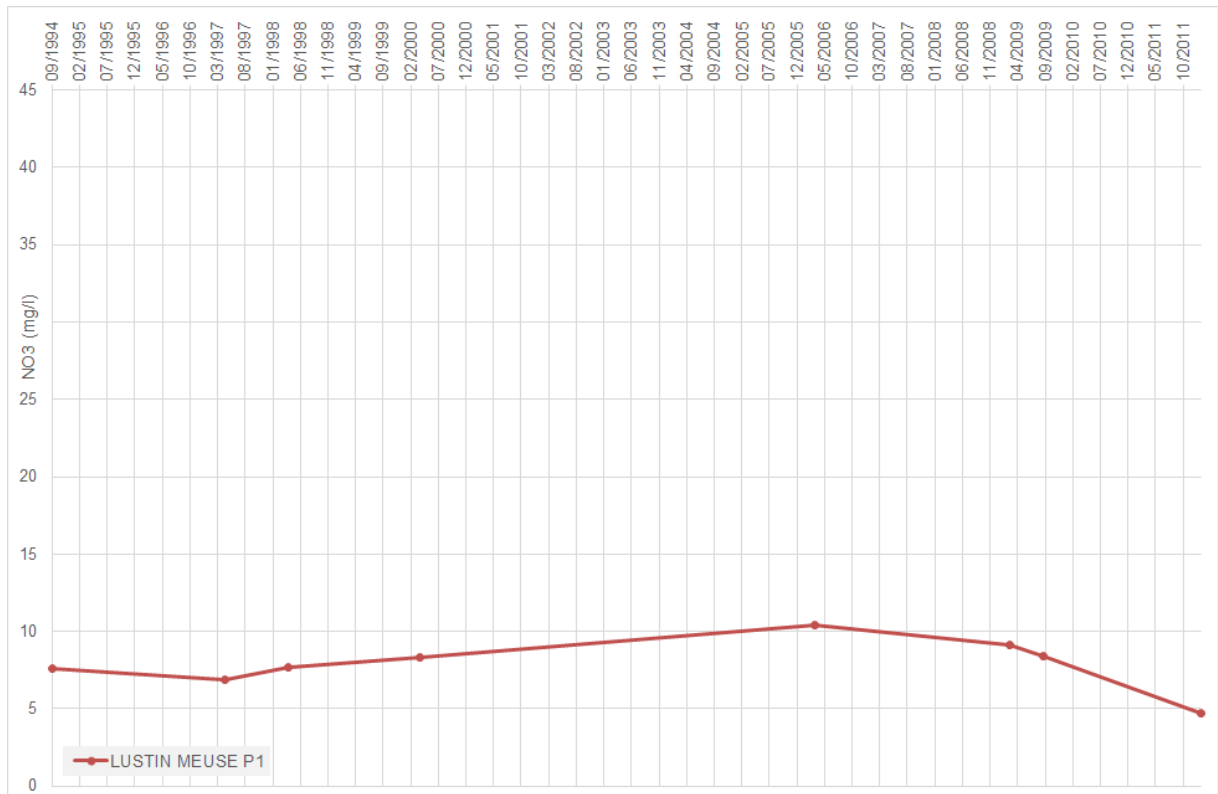


Figure V.17 : Evolution de la teneur en nitrates pour le puits LUSTIN MEUSE P1, entre septembre 1994 et octobre 2011.

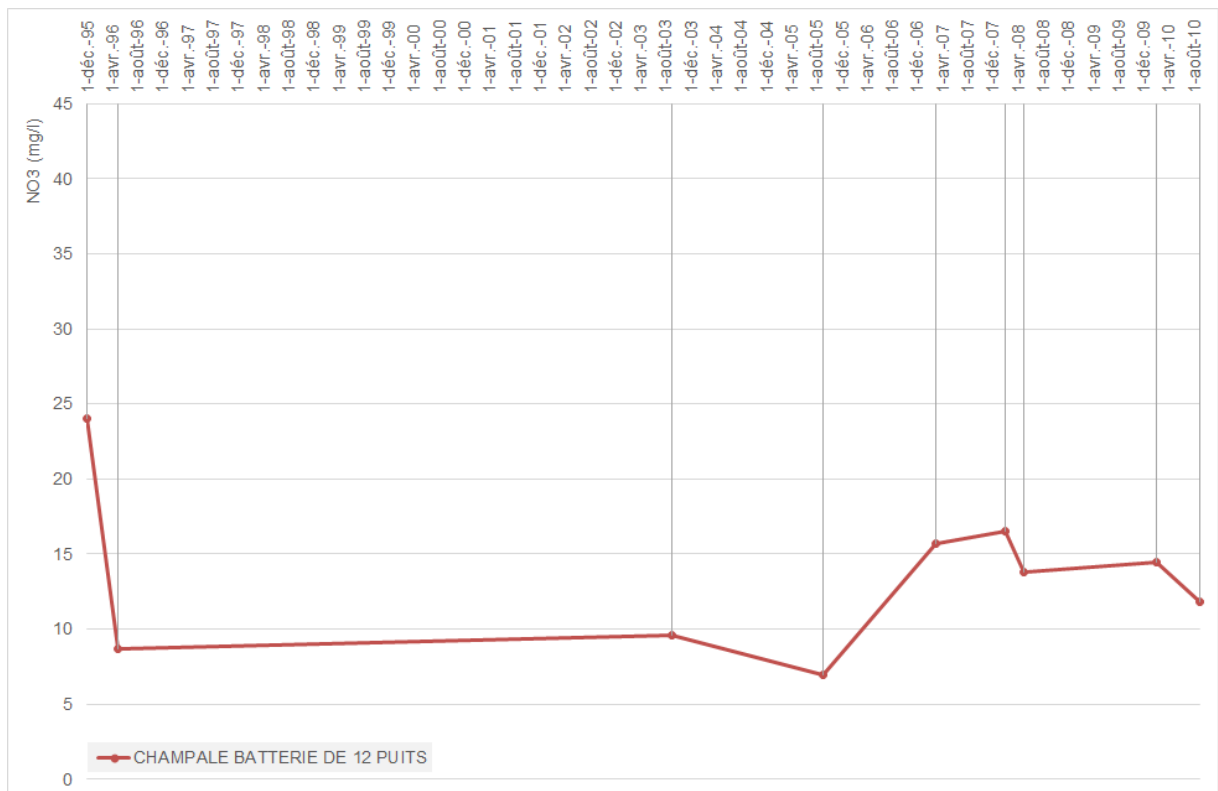


Figure V.18 : Evolution de la teneur en nitrates pour le captage de CHAMPALE constitué de 12 puits, entre décembre 1995 et octobre 2010.

Le puits LUSTIN MEUSE P1 (Figure V.17) enregistre une tendance à la hausse entre septembre 1994 (7,6 mg/l) et mars 2006 (10,4 mg) suivie par une baisse jusqu'en janvier

2012 (4,7 mg/l). Par rapport à la norme de potabilité de 50 mg/l, entre septembre 1994 et janvier 2012, les valeurs enregistrées, ≤ 10 mg/l, restent faibles.

La nappe alluviale de la Meuse, au niveau du captage de CHAMPALE, présente une évolution globale qui semble à la baisse (24 à 11 mg/l) depuis 1995 et ce jusqu'en aout 2010, date de fin de la chronique. Une hausse d'environ 9 mg/l a été enregistrée entre 2005 et 2006, mais les valeurs montrent un profil à la baisse depuis février 2007.

V.3. PROBLÉMATIQUE DES MICROPOLLUANTS

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

Les micropolluants présents dans l'eau comprennent une multitude de composés minéraux et organiques dont les effets sur les organismes vivants peuvent être toxiques à de très faibles concentrations (de l'ordre généralement du microgramme par litre) [...]. Les eaux souterraines sont, quant à elles, contaminées suite à l'infiltration des micropolluants dans le sol et le sous-sol. On distingue les apports ponctuels où les sources de pollution sont clairement identifiées (rejets industriels, pollution accidentelle, rejets des eaux usées domestiques), des sources diffuses liées principalement aux activités agricoles et aux retombées atmosphériques [...]. Plus de 400 substances font l'objet d'un suivi régulier dans les eaux wallonnes afin, notamment, de respecter les réglementations en vigueur. (Cellule Etat de l'Environnement Wallon, 2006-2007).

V.3.1 Pesticides

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

Les sous-bassins hydrographiques où les apports en pesticides sont les plus importants (Escaut-Lys, Dyle-Gette, Dendre, Senne, Haine, Sambre et Meuse aval, [Figure V.19](#)) correspondent aux régions agricoles où les grandes cultures dominent (Campine hennuyère, Condroz et Régions limoneuses et sablo-limoneuses). Il est à remarquer que si plus de la moitié des pesticides est utilisée par les agriculteurs et les horticulteurs, un tiers l'est par les particuliers dans le cadre du jardinage.

La carte Bioul - Yvoir se situe entièrement dans le bassin hydrographique de la Meuse amont où les apports moyens en pesticides pour l'année 2003 se situaient entre 0,2 et 1 kg/ha ([Figure V.19](#)).

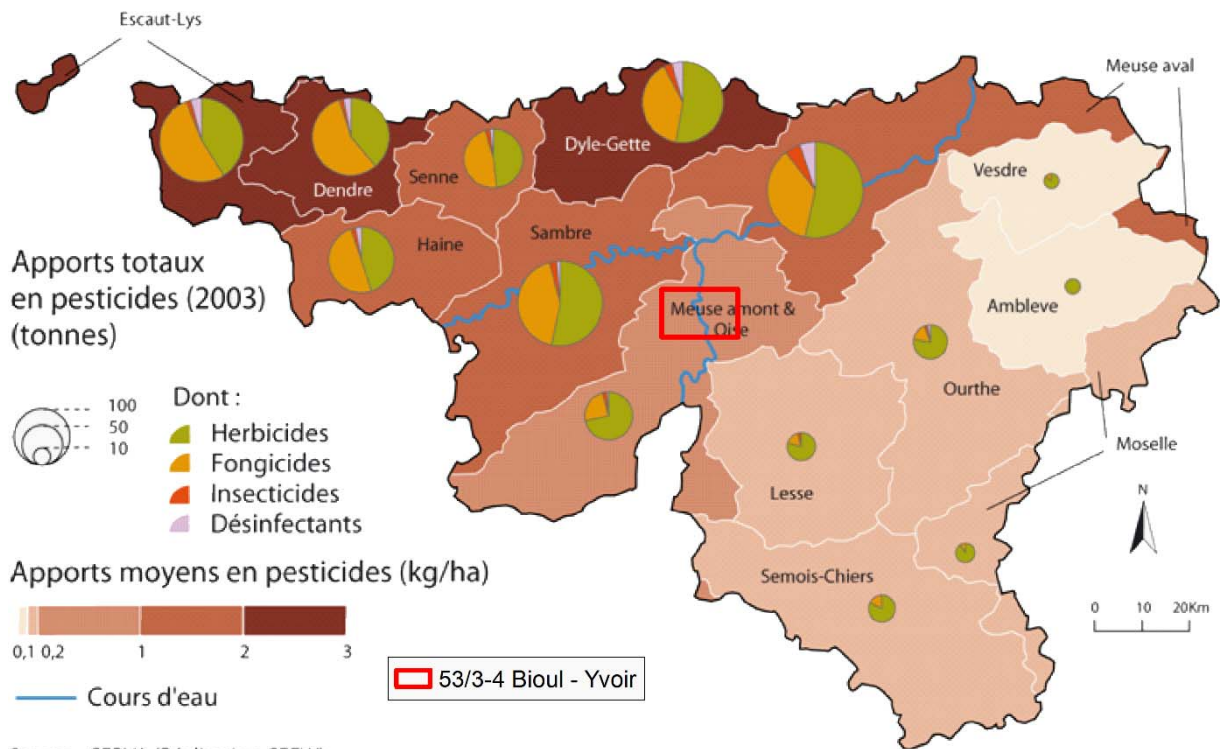


Figure V.19 : Apport totaux et moyens en pesticides, en tonnes pour l'année 2003, par sous-bassins hydrographique (Cellule Etat de l'Environnement Wallon, 2006-2007) et localisation de la carte Bioul - Yvoir.

Parmi les herbicides, les plus problématiques sont l'atrazine et son principal métabolite (la déséthylatrazine), le bentazone et le 2,6-dichlorobenzamide, produit de dégradation du dichlobenyl. Sur la carte Bioul – Yvoir, aucun réel problème en bentazone n'a été détecté entre 1997 et 2012, il n'en va pas de même pour le 2,6-dichlorobenzamide ; le captage LUSTIN MEUSE P1 ayant enregistré 4 pollutions en cet herbicide : 409 ng/l le 11/03/09, 676 ng/l le 10/09/09, 304 ng/l le 28/03/11, 276 ng/l le 24/01/12 et, plus récemment, 301 ng/l le 21/01/13. La norme de potabilité en pesticides est placée à 100 ng/l, tous éléments confondus.

L'atrazine, bien que définitivement interdite depuis septembre 2005, est le pesticide le plus communément détecté en concentrations élevées dans les eaux souterraines, en raison notamment de sa mobilité et de sa persistance dans les sols et les aquifères. Les distributeurs d'eau notent cependant une diminution progressive de la pollution à l'atrazine depuis 2002. Ceci reste vrai pour la carte Bioul – Yvoir ; les captages de CHAMPALE (Figure V.20), de CRUPET (Figure V.21) et de NOIRE TERRES (Figure V.22) montrent bien cette tendance.



Figure V.20 : Evolution de la teneur en Atrazine dans le captage de CHAMPALE sollicitant l'Aquifère alluvial de la Meuse.

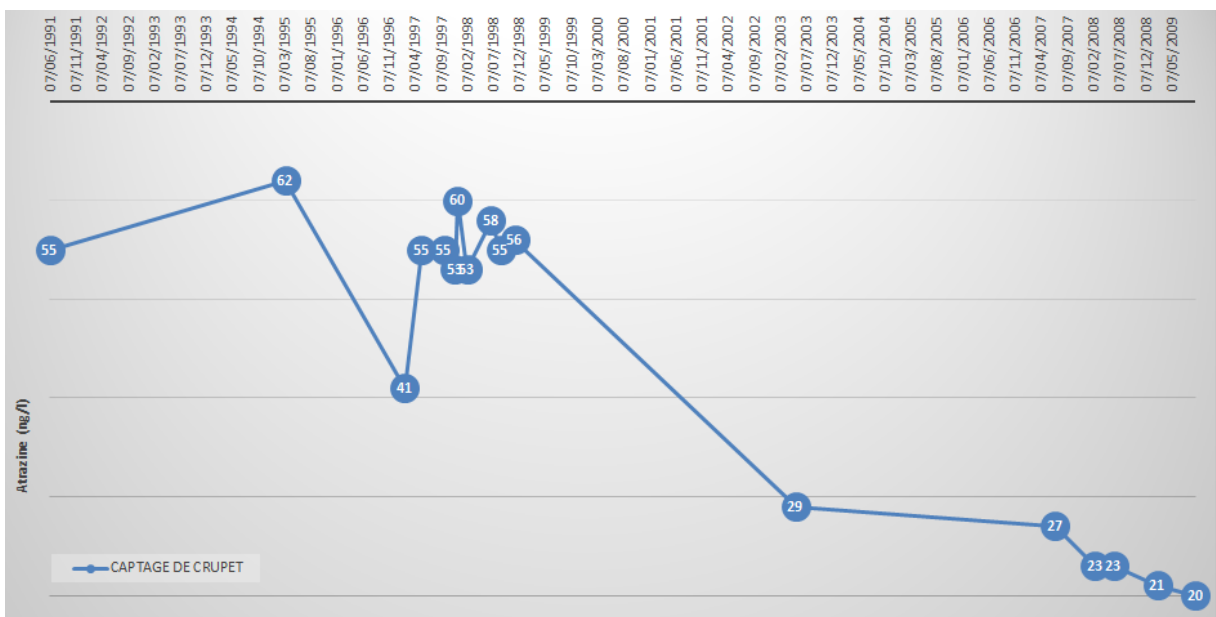


Figure V.21 : Evolution de la teneur en Atrazine dans le captage de CRUPET sollicitant l'Aquifère des calcaires du Carbonifère.



Figure V.22 : Evolution de la teneur en Atrazine dans le piézomètre CARRIERE BIOUL NOIRE TERRE P1, représentatif du captage de BIOUL NOIRE TERRE sollicitant l’Aquifère des calcaires du Carbonifère.

Certains herbicides sont l'apanage des agriculteurs, comme les produits dérivés du groupe chimique triazine (atrazine, simazine, propazine), qui sont des herbicides sélectifs utilisés principalement pour la culture du maïs, ou la bentazone, utilisée dans les cultures céréalières de la pomme de terre, du lin, des haricots et petits pois,... D'autres, comme le diuron, sont plutôt utilisés par les particuliers (jardin et potager) et les communes (entretien des voiries et lieux publics).

Deux pollutions relativement récentes ont été enregistrées en ce qui concerne le diuron : le 22/04/10 à la source FONTENY (187 ng/l) et le 07/09/11 dans le puits TERRAIN DE SPORTS (305 ng/l), ces deux ouvrages sollicitant l’Aquifère des calcaires du Carbonifère.

En 2013, excepté la pollution en 2,6-dichlorobenzamide (301 ng/l) du captage LUSTIN MEUSE P1, le 21/01/13, aucun puits n’a enregistré de pollution en pesticides significative.

V.3.2 Métaux

Les métaux représentent les micropolluants minéraux que l'on appelle aussi les éléments traces métalliques (ETM). Les principaux ETM que l'on trouve dans les eaux sont le cadmium (Cd), le plomb (Pb), le chrome (Cr), le mercure (Hg), l’arsenic (As), le cuivre (Cu), le zinc (Zn) et le nickel (Ni). Ces éléments sont présents naturellement dans les roches et les sols. Les concentrations actuelles résultent cependant pour la plupart de diverses activités humaines (sidérurgie, tannerie, transport routier, effluents agricoles...). Tous les hauts

niveaux d'ETM ne sont pas le résultat d'une pollution mais peuvent résulter, dans certaines régions, du bruit de fond pédogéochimique (p. ex. : plomb dans la région de Plombières) (*Cellule Etat de l'Environnement Wallon, 2006-2007*).

En 2012, aucun dépassement de normes de potabilité n'a été enregistré. Cela ne veut pas dire que des problèmes liés aux métaux sont inexistantes sur la carte Bioul – Yvoir, divers dépassements ont été enregistrés ces 20 dernières années ; parmi les plus marquants notons un très fort dépassement des teneurs limites entre le 23/09/97 et le 24/09/97 en arsenic, en bore, en cadmium, en fer, en manganèse, en nickel, en plomb, et en zinc (*Tableau V.7*), enregistrée dans les piézomètres GRAND TILLEUL Pz1, CHAPELLE DU SAINT-SANG Pz2, NOIRE TERRE Pz4 et AU CHERIMONT Pz7, situés à l'ouest du captage de CARRIERE BIOUL NOIRE TERRE, au sud de Bioul. Plus récemment, le 16/06/10, un dépassement des teneurs limites en fer, en manganèse, en nickel et en zinc a été enregistré sur l'ouvrages FRISLE 18 (*Tableau V.7*), également situé au nord de Bioul (lieu-dit « En Frîle »). Si de tels dépassements n'ont plus eu lieu depuis lors, ils illustrent la sensibilité des aquifères calcaires car tous les ouvrages concernés sollicitent la nappe des calcaires du Carbonifère.

Tableau V.7 : Teneurs dépassant la limite fixée par l'AGW du 15/01/04 en arsenic, en bore, en cadmium, en fer, en manganèse, en nickel, en plomb, et en zinc des ouvrages GRAND TILLEUL Pz1, CHAPELLE DU SAINT-SANG Pz2, NOIRE TERRE Pz4 et AU CHERIMONT Pz7 les 23/09/97 et 24/09/1997 (source : CALYPSO, SPW-DGO 3).

Elément (µg/l)	Norme AGW 15/01/04 (µg/l)	GRAND TILLEUL Pz1	CHAPELLE DU SAINT-SANG Pz2	NOIRE TERRE Pz4	AU CHERIMONT Pz7
Date		23/09/97	23/09/97	24/09/97	24/09/97
Arsenic	10			17,7	
Bore	1 000	2 307		2 039,2	774,5
Cadmium	5			4,1	5,8
Fer	200	476	1 164	13 800	10 920
Manganèse	50	452	62	408	356
Nickel	20			21,3	42,8
Plomb	10			8,4	11,7
Zinc	200	3 372		2 169,3	718,4

V.4. QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE

On trouve naturellement dans l'eau des microorganismes (bactéries, virus, protozoaires, ...), dont certains sont pathogènes pour l'homme. Dans les pays occidentaux, les problèmes liés à leur présence sont bien maîtrisés grâce aux contrôles de la qualité microbiologique de l'eau de distribution, et aux traitements de désinfection qui ont été systématisés dès le début du XXe siècle. La qualité microbiologique de l'eau est évaluée en mesurant la présence de bactéries indicatrices de contamination fécale (entérocoques, E. Coli, coliformes). Dans les eaux de surface, elles sont naturellement présentes en plus grand nombre que dans les eaux souterraines. Ainsi, seule la moitié des prélèvements d'eaux de surface présente avant traitement des teneurs en coliformes totaux correspondant à la meilleure classe de qualité SEQ Eau (maximum 50 unités par 100 ml), alors qu'ils sont plus de 98 % pour les eaux issues de puits forés. La législation actuelle impose l'absence (0 unités formant colonies/100 ml) de ces bactéries indicatrices dans l'eau de distribution, ce qui nécessite des traitements de désinfection (Cellule Etat de l'Environnement Wallon, 2006-2007).

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 dans l'eau sont généralement liées aux traitements d'épandage de tous ordres, principalement dans l'agriculture et aux déversements d'industries de fabrication et de conditionnement mais également de particuliers. Les puits domestiques non équipés correctement sont moins bien protégés contre les infiltrations de surface. Dans tous les cas, un traitement permet de rendre l'eau potable.

V.5. ETAT QUALITATIF DES MASSES D'EAU

La directive 2006/118/CE relative à la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration a été transposée aux articles R.43ter du Code de l'eau. Ce texte précise les objectifs environnementaux énoncés pour les eaux souterraines par la Directive cadre de l'eau (DCE). En ce qui concerne le bon état chimique, la composition de l'eau souterraine, mesurée aux différents points du réseau principal de surveillance, doit être telle que les concentrations en polluants respectent les normes de qualité et les valeurs seuils inscrites à l'annexe XIV du Code de l'eau ([Tableau V.8](#)).

Tableau V.8 : Valeurs seuils des paramètres chimiques intervenant dans la dégradation des masses d'eau souterraines

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

Sur cette base, l'état global des 33 masses d'eau souterraine de la Région wallonne vient d'être évalué pour la première fois, à l'aide des résultats accumulés entre 2005 et 2008 sur le réseau de surveillance DCE. Les masses d'eau classées en mauvais état l'ont été pour cause de nitrates (7), combinaison pesticides et nitrates (3), autres polluants (2) ou de

prélèvements excessifs (1). Les causes de la dégradation des eaux souterraines ont été regroupées comme suit :

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

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

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

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

La **Figure V.23** indique l'état des masses d'eau pour 2008 en fonction des causes de leur dégradation. La planchette Bioul - Yvoir est entièrement située sur la masse d'eau des « Calcaires et grès du Condroz » (RWM021) et était considérée en 2008 comme étant en "Bon état avec risques qualitatifs et quantitatifs".

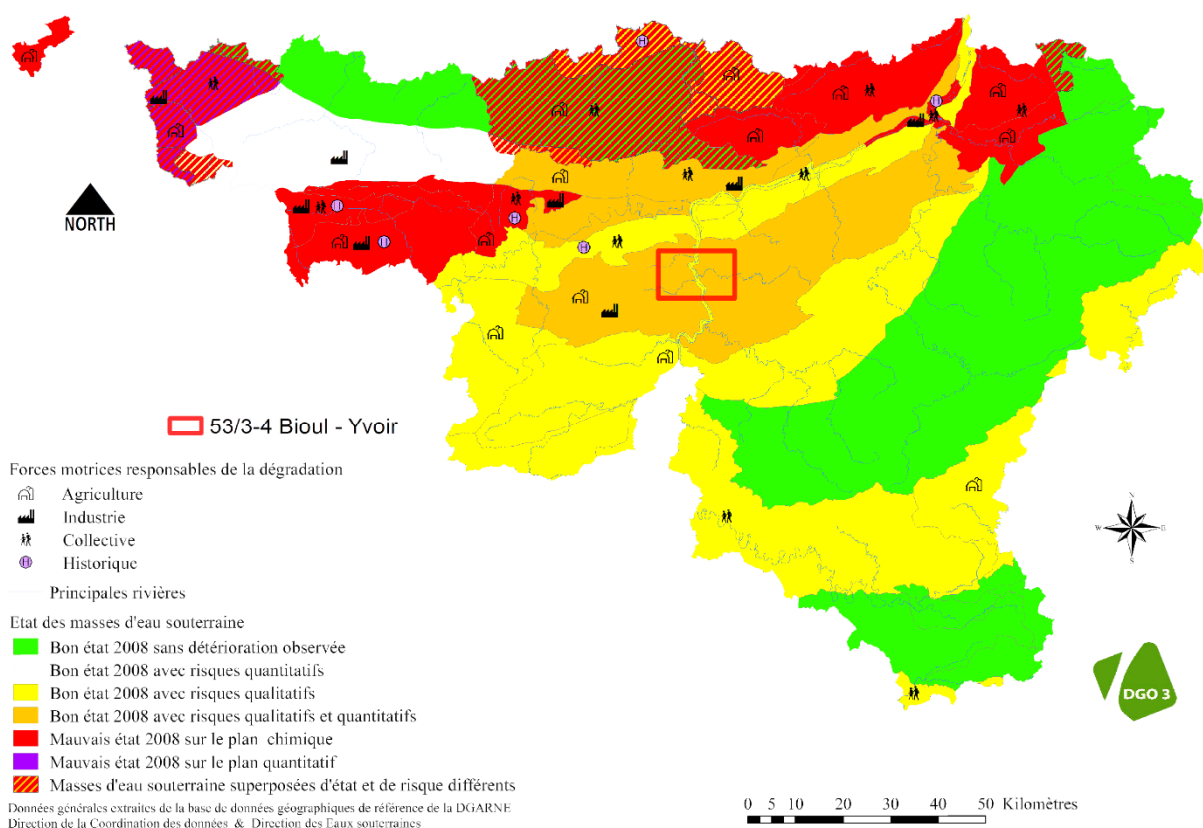


Figure V.23 : Etat des masses d'eau pour l'année 2008 et causes de leur dégradations (Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie, mars 2014, http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/figures/c5_5.gif)

Brouyère et al. (**2009b**) concluent à propos de l'état qualitatif de la masse d'eau RWM021 que les principaux problèmes relèvent presque exclusivement des apports anthropiques que constituent les nitrates et les pesticides.

VI. EXPLOITATION DES AQUIFÈRES

La planche Bioul - Yvoir compte 180 ouvrages. La majorité des volumes extraits sont destinés à la distribution publique d'eau potable via la S.W.D.E., VIVAQUA (ancienne CIBE) et l'A.I.E.M.. Les autres ouvrages sont principalement exploités pour un usage agricole et privé. Une société d'embouteillage et une carrière faisant de l'exhaure exploitent également quelques ouvrages.

Le poster A0 joint à cette notice contient une carte thématique des volumes qui reprend les volumes pompés pour l'année 2012 ainsi que les moyennes par an de 2008 à 2012.

L'exploitation d'une prise d'eau souterraine est soumise à de nombreux aléas et donc peut être variable. Les contraintes techniques de l'ouvrage, l'activité économique liée à ce captage, l'évolution des conditions hydrogéologiques de la nappe sollicitée et les éventuelles pollutions, peuvent limiter les capacités de production. La présentation des volumes moyens prélevés sur la Carte des volumes, correspond à la moyenne des années 2008 à 2012 encodées par l'administration (basés sur les déclarations des titulaires de prise d'eau). Ils illustrent de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la carte étudiée. Ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni de l'exploitation réelle des nappes mais reflètent l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées. Parmi ces dernières, il se peut que pendant certaines années la nappe n'ait pas été sollicitée.

VI.1. VOLUMES PRÉLEVÉS POUR LA DISTRIBUTION PUBLIQUE

La distribution publique se fait principalement par la S.W.D.E., VIVAQUA et l'A.I.E.M..

Le [Tableau VI.1](#) reprend la liste des captages qui font ou ont fait l'objet d'une exploitation sur la carte Bioul - Yvoir. Ils sont localisés sur la [Figure VI.1](#). Les volumes prélevés par les exploitants peuvent varier fortement d'une année à l'autre (allant d'un arrêt temporaire à une exploitation intense du captage).

En 2012 la répartition des volumes soutirés était la suivante :

- L'Aquifère des calcaires du Carbonifère était sollicité par :
 - Un ouvrage de VIVAQUA : le puits sur galerie par gravité « CAPTAGE DE CRUPET » (5 157 340 m³) ;
 - Un ouvrage de la S.W.D.E. : le puits « CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P2 » (1 537 741 m³) ;
 - Quatre sources de l'A.I.E.M. : RAVERDIE (83 297 m³), FONTENY (39 799 m³), le CAPTAGE DE SALET (18 412 m³) et le CAPTAGE DE WARNANT (9 469 m³).
- L'Aquifère - Aquitard - Aquiclude de l'Hastarien est sollicité par :
 - Un ouvrage de VIVAQUA : le puits sur galerie par gravité « CAPTAGE DE DURNAL » (558 794 m³) ;

- une source de la S.W.D.E. : l'émergence « ARBRE E1 » (110 516 m³).
- L'Aquifère alluvial de la Meuse est sollicité par VIVAQUA via le captage de CHAMPALE constitué de 12 puits et dont le volume totale pour l'année 2012 s'élevait à 2 201 457 m³.

Tableau VI.1 : Liste des captages qui ont fait et/ou font encore l'objet d'une exploitation par un distributeur public d'eau potable sur la carte Bioul - Yvoir. Les volumes indiqués sont les plus récents connus. Les couleurs sont celles des unités hydrogéologiques sollicitées.

NOM DE L'OUVRAGE	DISTRIBUTEUR PUBLIQUE	VOLUME PRÉLEVÉ (M ³ /AN)
CAPTAGE DE CRUPET	VIVAQUA	5 157 340 (2012)
CAPTAGE de CHAMPALE (12 puits)	VIVAQUA	2 201 457 (2012)
CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P2	S.W.D.E.	1 537 741 (2012)
CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P1	S.W.D.E.	1 410 730 (1992)
CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P4	S.W.D.E.	1 473 598 (1993)
CAPTAGE DE DURNAL	VIVAQUA	558 794 (2012)
ARBRE E1	S.W.D.E.	110 516 (2012)
RAVERDIE	A.I.E.M.	83 297 (2012)
FONTENY	A.I.E.M.	39 799 (2012)
LUSTIN MEUSE P 1	S.W.D.E.	30 848 (2000)
CAPTAGE DE SALET	A.I.E.M.	18 412 (2012)
CAPTAGE DE WARNANT	A.I.E.M.	9 469 (2012)
PUITS DU STADE	S.W.D.E.	5 529 (1993)
RUE DE LA FONTAINE	S.W.D.E.	1 275 (1992)
RUE D'EN HAUT	S.W.D.E.	/
ROUTE DE DORINNE	S.W.D.E.	/
CAPTAGE DE CHERTIN	A.I.E.M.	/
MONT P1	S.W.D.E.	/
CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P5	S.W.D.E.	/
CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P3	S.W.D.E.	/
7 MEUSES	S.W.D.E.	/
BOIS CASTAGNE	S.W.D.E.	/
LUSTIN MEUSE P 1	S.W.D.E.	/
SOURCE BOCQ	S.W.D.E.	/

Le volume total puisé dans la nappe des calcaires carbonifère sur une année, 7 515 368 m³, est très important. Les captages de Crupet, de CARRIERE BIOUL-NOIRES TERRES (P1, P2 et P4) ainsi que celui de Champale (Aquifère alluvial de la Meuse) comptent parmi les principaux captages de Wallonie.

Brouyère et al. (2009b) estiment que d'un point de vue quantitatif, les volumes prélevés à l'échelle de la masse d'eau RWM021 restent inférieurs à la ressource renouvelable qui a été estimée³. Quelques bassins présentent toutefois une baisse constante du niveau piézométrique de la nappe comme le bassin du Crupet.

³ Il est nécessaire de rappeler la précaution avec laquelle doivent être utilisés les résultats de l'estimation des ressources renouvelables.

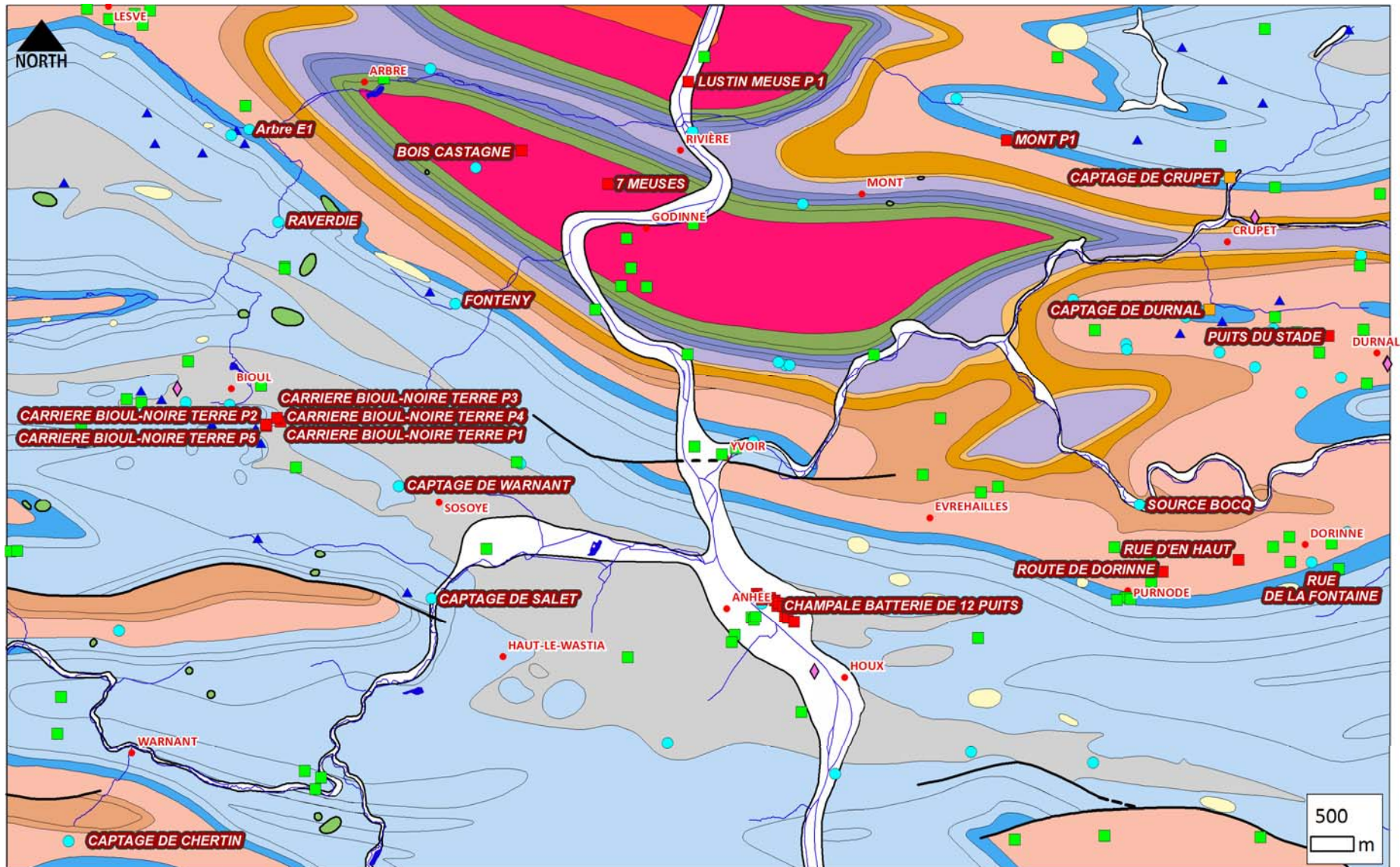


Figure VI.1 : localisation des captages de la carte Bioul - Yvoir.

VI.2. AUTRES VOLUMES CAPTÉS

Outre la distribution publique, les nappes aquifères peuvent être exploitées à plus petite échelle, souvent pour un usage agricole ou domestique. Nous ne disposons que de peu d'informations quant à ce type de volumes pompés mais ceux-ci n'excèdent généralement pas les 3 000 m³ par an⁴.

Parmi les ouvrages privés ayant soutiré, en 2012, des volumes supérieurs à 3 000 m³/an citons plus particulièrement les ouvrages suivants :

- Les BRASSERIES DU BOCQ SA exploitent deux puits, PUIITS TRADITIONNEL et FORAGE TUBE, au sud de Purnode (*Figure VI.2*). Ces deux ouvrages ont soutirés respectivement 30 281 m³ et 13 605 m³ en 2012 dans la nappe de l'Aquifère - Aquitard - Aquiclude de l'Hastarien.
- L'ABBAYE DE MAREDSOUS ASBL exploite un puits (TERRAIN DE SPORTS) situé au NW de Sosoye (*Figure VI.2*). Ce puits de 92 m de profondeur sollicite la nappe de l'Aquifère des calcaires du Carbonifère dans laquelle 26 730 m³ ont été soutirés en 2012.
- Une source (« ARBRE »), située au sud de Besinne au lieu-dit *La Forge* (*Figure VI.2*), sollicite la nappe de l'Aquifère des calcaires du Carbonifère et a soutiré 24 942 m³ en 2012.
- La FONDATION SAINT VINCENT ASBL exploite un puits (CAPTAGE SAINT VINCENT) sur la bordure sud de l'anticlinal de Godinne, en rive droite de la Meuse (*Figure VI.2*). Cet ouvrage sollicite la nappe dans calcaires du Givetien et a soutiré 17 300 m³ en 2012.

⁴ Les services du SPW-DGO 3 qui gèrent l'enregistrement des volumes d'eau pompés n'encodent les volumes des particuliers que lorsqu'ils sont supérieurs à 3 000 m³/an.

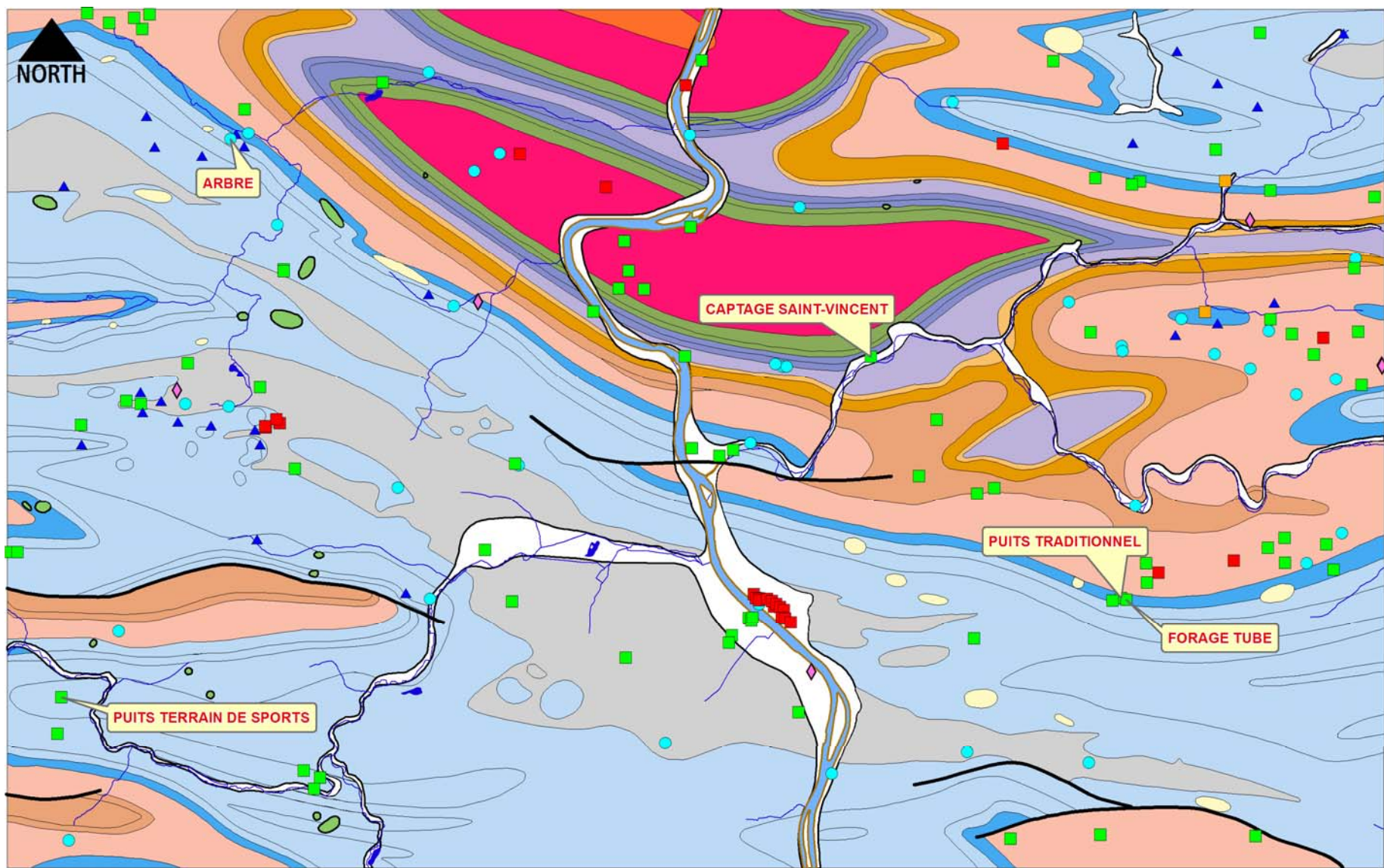


Figure VI.2 : localisation du CAPTAGE SAINT VINCENT, exploité par la FONDATION SAINT VINCENT ASBL, de la source ARBRE, du TERRAIN DE SPORTS, exploité par l'Abbaye de Maredsous ASBL, et des ouvrages PUIIS TRADITIONNEL et FORAGE TUBE exploités par les BRASSERIES DU BOCQ SA.

VII. PARAMÈTRES HYDROGÉOLOGIQUES

VII.1. PARAMÈTRES D'ÉCOULEMENT

L'objectif des tests sur le terrain (essais de pompage, tests d'injection, traçages...) est souvent de définir les caractéristiques hydrauliques de l'aquifère à l'aide de méthodes d'interprétation basées sur des solutions analytiques simplifiées ou sur la calibration de modèles numériques. Les principaux paramètres caractérisant l'écoulement d'eau souterraine et le transport de solutés sont respectivement, la conductivité hydraulique⁵ (K), le coefficient d'emmagasinement spécifique (S_s), la porosité effective (ou efficace) de drainage (n_e), la porosité effective de transport et la dispersivité longitudinale.

D'autres paramètres sont souvent cités dans les études consultées et parfois repris dans les notices des cartes :

- La transmissivité (T) exprime le débit d'eau qui s'écoule, pour une largeur unitaire, sur toute l'épaisseur d'un aquifère (*de Marsily, 2004*). Elle est l'intégration de la conductivité hydraulique (K) sur une épaisseur saturée donnée pour ramener le plus souvent l'écoulement à un processus 2D. Cette épaisseur est habituellement l'épaisseur totale de l'aquifère s'il s'agit d'un aquifère captif, et la hauteur d'eau saturée (très variable) s'il s'agit d'un aquifère libre.
- Le coefficient d'emmagasinement est également une grandeur 2D intégrant le coefficient d'emmagasinement spécifique sur l'épaisseur de l'aquifère pour les nappes captives. Pour les nappes libres, le coefficient d'emmagasinement peut être approximé par la porosité effective (ou efficace) de drainage (n_e).

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

Vu la multitude et la complexité des méthodes et concepts utilisés pour leur définition et leur détermination, la description détaillée de ces notions sort du cadre de cette notice. Nous invitons le lecteur à consulter le site internet de la carte hydrogéologique de Wallonie (<http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartehydrogeo/concepts.htm>). Les concepts majeurs de l'hydrogéologie y sont abordés de manière simplifiée et quelques références bibliographiques y sont renseignées.

⁵ La perméabilité d'une aquifère est son aptitude à se laisser traverser par un fluide (eau) sous l'effet d'un gradient hydraulique.

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

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

K en m/s	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Granulométrie homogène	gravier pur			sable pur		sable très fin			limons		argile		
Granulométrie variée	gravier gros&moy		gravier et sable			sable et limons argileux							

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

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

Le sous-sol, constitué de terrains meubles ou de roches consolidées, peut aussi être caractérisé par ses porosités. Pour l'écoulement des eaux souterraines, seule la porosité effective (ou efficace) de drainage (n_e), est considérée car sa valeur tient lieu de coefficient d'emmagasinement en nappe libre. A titre indicatif, le [Tableau VII.3](#) reprend quelques intervalles de valeurs de porosité totale et porosité effective de drainage (n_e) en fonction du type de roches. Comme pour la conductivité hydraulique, ce paramètre est dépendant de l'échelle d'investigation (laboratoire – terrain).

Tableau VII.3 : Intervalles de valeurs indicatives pour la porosité (n) et la porosité effective de drainage (n_e) de différentes lithologies (échelles macroscopique & mégascopique) (Dassargues, 2010)

Lithologie	n (%)	n _e (%)
Granites et Gneiss	0,02 - 2	0,1 - 2*
Quartzites	0,5 - 2	0 - 2*
Shales (argillites)	0,1 - 7,5	0,1 - 1*
Schistes (argillites 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		

VII.1.1 Aquifère des calcaires du Carbonifère

VII.1.1.1. Captage de Crupet

Des essais de pompage ont été réalisés en 2006 (**BCG, 2006**) sur 6 piézomètres (*Figure VII.1*) sollicitant la nappe des calcaires carbonifères dans le cadre de la délimitation de la zone de prévention du captage de CRUPET (*voir VIII.1.1.1 Captage de Crupet, p. 102*). Le *Tableau VII.4* donne les valeurs de transmissivité et de perméabilité calculée sur la base de la hauteur crépinée des piézomètres.

Tableau VII.4 : Transmissivité et perméabilité calculées sur les piézomètres du captage de Crupet sollicitant la nappe des calcaires du Carbonifère.

OUVRAGE	TRANSMISSIVITÉ (m ² /s)	PERMÉABILITÉ (m/s)	HAUTEUR CRÉPINÉE (m)	PROFONDEUR DE L'OUVRAGE (m)
Vivaqua Crupet PZ1	8,0 10 ⁻⁵ à 3,3 10 ⁻⁴	4,0 10 ⁻⁶ à 1,6 10 ⁻⁵	20	50
Vivaqua Maillen PZ2	~1,4 10 ⁻⁴	~1,1 10 ⁻⁵	12	55
Vivaqua Maillen Daout PZ4	3,6 10 ⁻⁴ à 2,5 10 ⁻³	1,8 10 ⁻⁵ à 1,2 10 ⁻⁴	20	39
Vivaqua Courrière PZ5	2,2 10 ⁻³ à 5,5 10 ⁻³	9,3 10 ⁻⁵ à 2,3 10 ⁻⁴	24	43
Vivaqua PZ6	1,2 10 ⁻³ à 7,3 10 ⁻³	1,0 10 ⁻⁴ à 6,1 10 ⁻⁴	12	47,7
Vivaqua PZ7	2,3 10 ⁻³ à 2,9 10 ⁻²	1,2 10 ⁻⁴ à 1,5 10 ⁻³	12	61

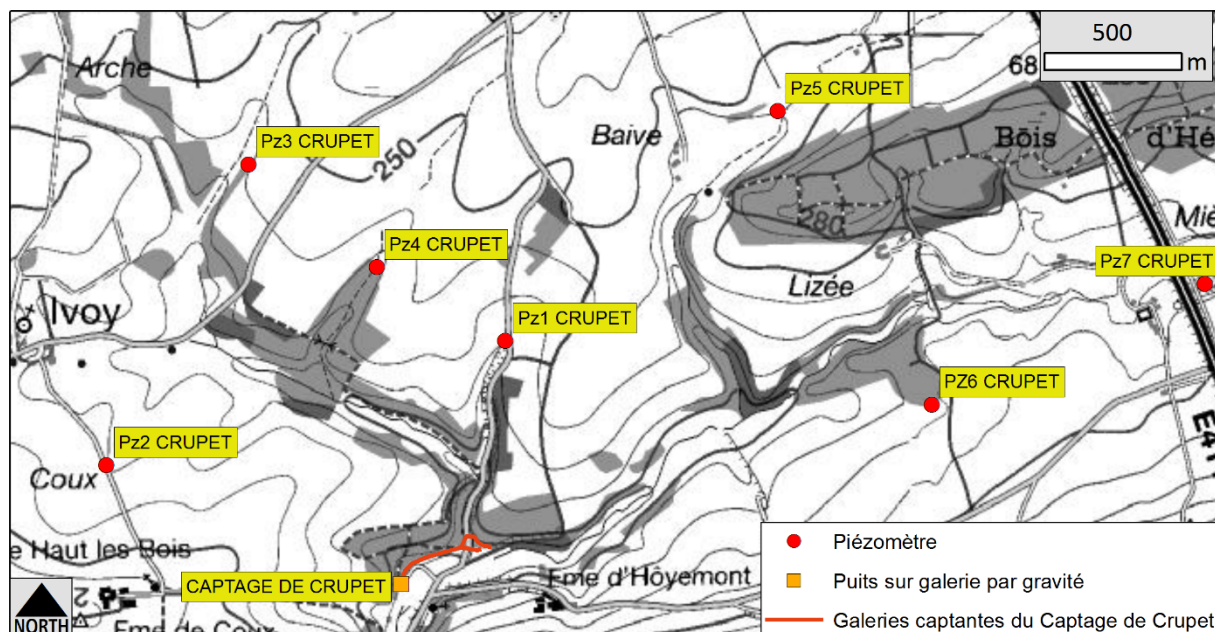


Figure VII.1 : Localisation des piézomètres du captage de Crupet sur lesquels des essais de pompage et de traçage ont été réalisés.

VII.1.1.2. Captage d’Anhée : carrière Bioul Noire Terre P1, P2, P3

Des essais de pompage ont également été réalisés en 1993 et 1994 (S.W.D.E., 1996) sur 8 piézomètres (Figure VII.2) sollicitant la nappe des calcaires carbonifères dans le cadre de la délimitation de la zone de prévention des captages d’Anhée (voir VIII.1.1.3 Captage d’Anhée : carrière Bioul Noire Terre P1, P2, P3, p. 104). Ce dernier est exploité par la S.W.D.E. et sollicite la nappe des calcaires du Carbonifère. Le champ captant comprend en 5 puits (CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P1 à P5) dont seuls trois sont en service (CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P1 à P3). Le Tableau VII.5 donne les valeurs de transmissivité et de perméabilité calculées sur la base de la hauteur crépinée des piézomètres.

Les perméabilités varient de $3,6 \cdot 10^{-8}$ à $3 \cdot 10^{-4}$ m/s. Cette forte variation est caractéristique des roches cohérentes dont la perméabilité est fonction du degré de fissuration de la roche.

Tableau VII.5 : Transmissivité et perméabilité calculées sur les piézomètres des captages d’Anhée (CARRIERE NOIRE TERRE) sollicitant la nappe des calcaires du Carbonifère.

OUVRAGE	TRANSMISSIVITÉ (m²/s)	PERMÉABILITÉ (m/s)	HAUTEUR CRÉPINÉE (m)	PROFONDEUR DE L’OUVRAGE (m)
Pz1	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$3,6 \cdot 10^{-8}$	48	70
Pz2	$8 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$	32	76
Pz3	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-4}$	24	40
Pz4	$5 \cdot 10^{-4}$	$9,4 \cdot 10^{-6}$	24	53
Pz5	$8 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	20	62
Pz6	$8,5 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-6}$	24	52,2
Pz7	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	28	50
ESM4	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-5}$	45	45

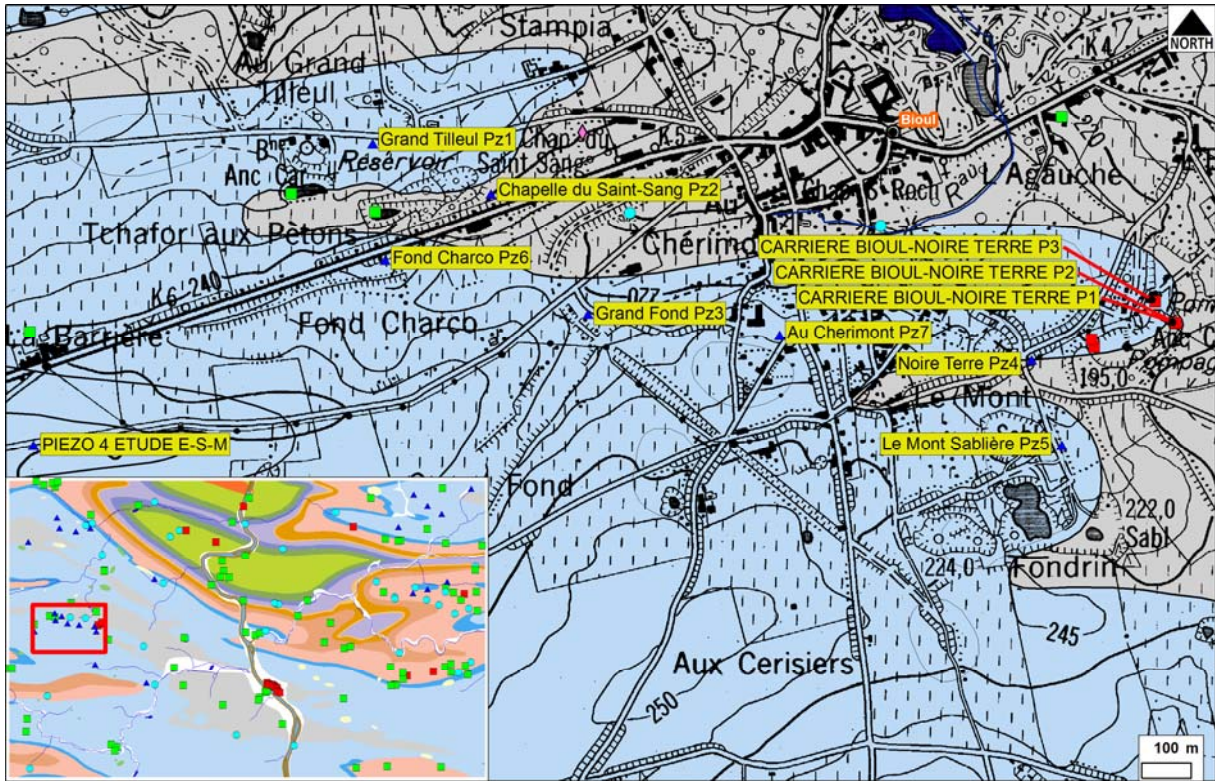


Figure VII.2 : Localisation des piézomètres du captage d'Anhée sur lesquels des essais de pompage et de traçage ont été réalisés.

VII.1.2 Aquifère - Aquitard - Aquiclude de l'Hastarien

Le captage VIVAQUA de Durnal, sollicitant l'Aquifère - Aquitard - Aquiclude de l'Hastarien, est constitué d'une galerie captante par gravité à flanc de coteau captant les sources et venues d'eau naturelles recoupées par la galerie (Figure VII.3). Dans le cadre de l'étude de la zone de prévention, trois piézomètres ont été forés en 2005 et ont fait l'objet d'essai de pompage en vue de déterminer la perméabilité (k , Tableau VII.6) de l'aquifère au droit de ces trois piézomètres.

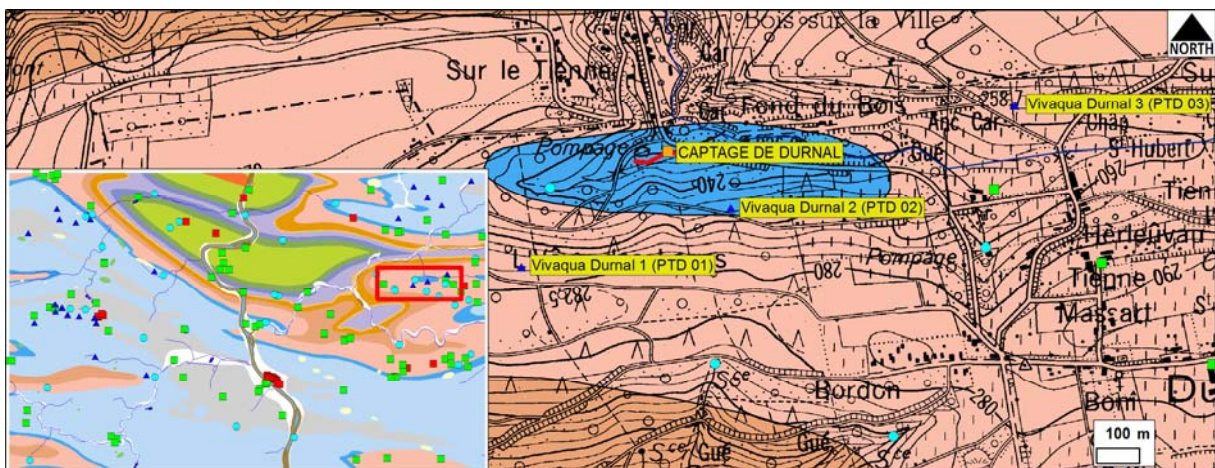


Figure VII.3 : Situation du captage de Durnal, constitué d'une galerie captante par gravité et des trois piézomètres VIVAQUA DURNAL PTD1 à VIVAQUA PTD3.

Le piézomètre VIVAQUA DURNAL PTD1 a fait l'objet d'un essai de pompage en trois paliers de débit croissant et d'un essai de pompage sur 24h à débit constant. Les piézomètres VIVAQUA DURNAL PTD2 et PTD3, faute d'un débit suffisant, ont fait l'objet d'essai de pompage de type « Porchet ».

Tableau VII.6 : Caractéristiques des essais de pompage réalisés en 2005 sur les piézomètres VIVAQUA DURNAL PTD1 à PTD3 proches du captage de Durnal (GEOLYS, 2005).

Ouvrage	Palier n°	Hauteur crépinée (m)	Durée pompage (en heures)	Date	Débit moyen (m ³ /h)
VIVAQUA DURNAL PTD1	1	23	2h05	8/11/05	3,4
VIVAQUA DURNAL PTD1	2	23	1h55	8/11/05	6
VIVAQUA DURNAL PTD1	3	23	2h	8/11/05	10
VIVAQUA DURNAL PTD1	/	23	24h	8/11/05	9,8
VIVAQUA DURNAL PTD2	/	25	(Porchet)	21/11/05	1,04
VIVAQUA DURNAL PTD3	/	24	(Porchet)	15/11/05	1,57

Les conductivités hydrauliques mesurées sur l'ouvrage VIVAQUA DURNAL PTD1 sont de l'ordre de 0,5 à 1,5 10⁻⁴ m/s. Elles diminuent en fonction du temps, ce qui indique que le cône d'influence atteint une zone de plus faible conductivité hydraulique lorsqu'on s'éloigne de l'ouvrage. La conductivité hydraulique mesurée sur l'ouvrage VIVAQUA DURNAL PTD2 est faible ; de l'ordre de 1,0 10⁻⁶ m/s. La conductivité hydraulique mesurée sur l'ouvrage VIVAQUA DURNAL PTD3 est très faible ; de l'ordre de 2 à 4,0 10⁻⁸ m/s.

Ces perméabilités se situent dans une gamme importante, 10⁻⁴ à 10⁻⁸ m/s, ce qui témoigne de l'hétérogénéité du milieu.

VII.2. 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, ...).

VII.2.1 Aquifère alluvial

L'étude réalisée en 1999 par ECOFOX sur le captage de Jambes (carte au nord, 47/7-8 Malonne – Naninne), appartenant à la S.W.D.E., nous renseigne sur quelques paramètres de transport de l'Aquifère alluvial de la Meuse.

Les dispersivités longitudinales sont comprises entre 5 et 25 m et les dispersivités transversales entre 0.3 et 1 m.

VII.2.2 Aquifère des calcaires du Carbonifère

VII.2.2.1. Captage de Crupet

Des essais de traçage ont été réalisés du 18 octobre au 10 novembre 2006 par BCG (2006) sur 5 piézomètres (Figure VII.1) sollicitant la nappe des calcaires carbonifères dans le cadre de la délimitation de la zone de prévention du captage de CRUPET (voir VIII.1.1.1 Captage de Crupet, p. 102). Toujours dans le même cadre, deux essais de traçage ont été réalisés entre le captage de Crupet et deux sites sensibles : le Ry de Vovesène et une perte à 40 cm du Crupet. Le Tableau VII.7 résume les données relatives à ces traçages. La Figure VII.4 localise les différentes galeries du captage de Crupet.

Tableau VII.7 : Récapitulatif des essais de traçage réalisés sur les piézomètres du captage de Crupet sollicitant la nappe des calcaires du Carbonifère.

OUVRAGE D'INJECTION	OUVRAGE DE RÉCUPÉRATION	DISTANCE AU CAPTAGE (m)	TRACEUR	QTÉ INJECTÉE (Kg)	DATE ET HEURE D'INJECTION
Vivaqua Crupet PZ1	Captage de Crupet (galerie principale, galerie nord et galerie sud)	744	2-amino-1 ⁶	12	18/10/06 9:57
Vivaqua Maillen Daout PZ4		1 049	4-amino-1 ⁷	15	18/10/06 13:30
Vivaqua Courrière PZ5		1 915	8-amino-2 ⁸	11	18/10/06 14:41
Vivaqua PZ6		1 691	LiCl ⁹	25	18/10/06 9:08
Vivaqua PZ7		2 777	7-amino-1,3 ¹⁰	12	18/10/06 16:10
Ry de Vovesène-en amont du 1 ^{er} chantoir		2 100	8-amino-2	5	28/01/04 9:50
Ry de Vovesène en aval du 1 ^{er} chantoir et en amont du second		1 200	Naphtionate	5	28/01/04 10:30
Aiguigeois à 40 cm du Crupet		2 100	Naphtionate	4.5	24/05/04 11:30

⁶ 2-amino-1-naphtalènesulphonate

⁷ 4-amino-1-naphtalènesulphonate

⁸ 8-amino-2-naphtalènesulphonate

⁹ Chlorure de lithium

¹⁰ 7-amino-1,3-naphtalènesulphonate

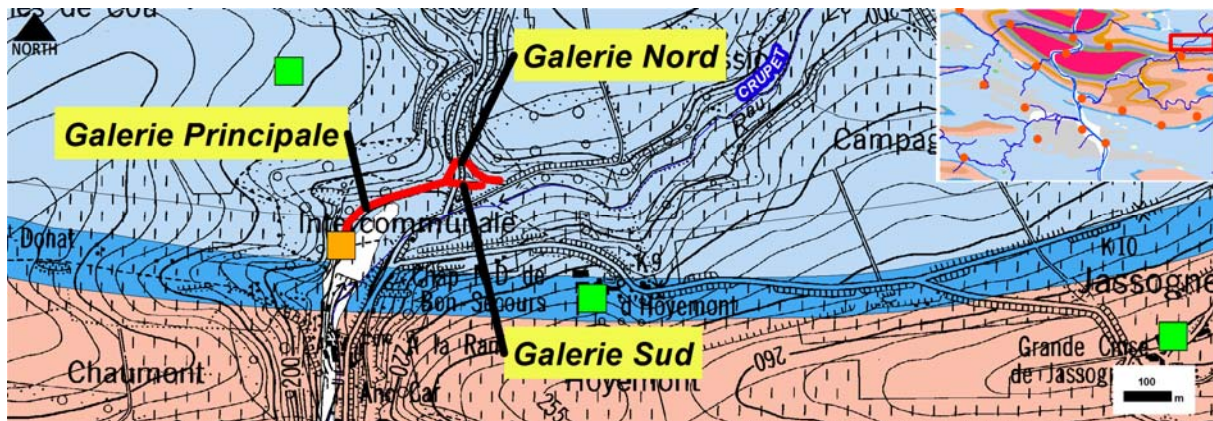


Figure VII.4 : Localisation des différentes galeries du Captage de Crupet.

VII.2.2.1.1. Vivaqua Crupet PZ1 – Captage (2-amino-1-naphtalène sulphonate)

Dans la galerie nord, le traceur est récupéré de manière ponctuelle. La première arrivée du traceur se fait le 18/10/06 à 11:00 (0.33 µg/l). Une arrivée continue (20h) est enregistrée 9 jours après l'injection. Les concentrations mesurées sont toujours faibles ; 4.89 µg/l au maximum le 27/10/06 à 02:00.

Dans la galerie sud, seul 4 échantillons sont positifs ; 0.56 µg/l, 0.89 µg/l, 0.76 µg/l et 2.77 µg/l arrivés respectivement le 18/10/06 (20:00), le 19/10/06 (05:00), le 20/10/06 (15:00) et le 29/10/06 (10:00). La première arrivée du traceur se fait le 18/10/06 à 20:00 (0.56 µg/l).

Dans la galerie principale, le traceur est récupéré dans un seul échantillon ; 0.27 µg/l le 10/11/06 à 00:01.

Il est à noter que les concentrations enregistrées dans les galeries nord et sud étaient trop faibles que pour être détectées dans la galerie principale.

VII.2.2.1.2. Vivaqua Maillen Daout PZ4 – Captage (Naphtionate)

Dans la galerie nord, le traceur est récupéré en dent de scie, principalement entre le 18/10/06 et le 22/10/06. Au-delà de cette date, un seul échantillon s'est révélé positif ; 0.06 µg/l le 2/11/06 à 18:00. La première arrivée du traceur se fait le 18/10/06 à 13:30 (0.17 µg/l). La concentration maximum enregistrée arrive assez rapidement ; 16,43 µg/l le 18/10/06 à 15:30.

Dans la galerie sud, quelques arrivées ponctuelles du traceur et une arrivée continue brève du 22/10/06 14:00 au 23/10/06 04:00, sont enregistrées. La première arrivée du traceur se fait le 18/10/06 à 18:00 (0.51 µg/l) et constitue également la concentration maximum enregistrée.

Dans la galerie principale, plusieurs arrivées ponctuelles du traceur sont enregistrées. La première arrivée du traceur se fait le 18/10/06 à 17:00 (0.12 µg/l). La concentration maximum enregistrée arrive assez rapidement ; 2.68 µg/l le 19/10/06 à 19:00.

VII.2.2.1.3. *Vivaqua Courrière PZ5 – Captage (8-amino-2-naphtalène sulphonate)*

Dans la galerie nord, deux échantillons se sont révélés positifs. La première arrivée du traceur se fait le 18/10/06 à 14:30 (0.3 µg/l) et la deuxième et dernière le 22/10/06 à 10:00 (0.34 µg/l).

Dans la galerie sud et dans la galerie principale aucune arrivée du traceur n'est enregistrée.

VII.2.2.1.4. *Vivaqua PZ6 – Captage (Chlorure de lithium)*

Dans la galerie nord, le traceur arrive essentiellement de manière continue entre le 27/10/06 14:00 et le 28/10/06 10:00 ; les concentrations varient entre 2 et 3.5 µg/l. Deux arrivées ponctuelles sont enregistrées avant ; le 26/10/06 18:00 (0.3 µg/l) et le 27/10/06 02:00 (0.2 µg/l). La première arrivée, le 26/10/06 18:00 se fait donc assez tardivement, 200h après l'injection. La concentration maximum enregistrée est de 3.5 µg/l le 27/10/06 à 18:00.

Dans la galerie sud aucune arrivée du traceur n'est enregistrée.

Dans la galerie principale, 4 échantillons se sont révélés positifs entre le 18/10/06 10:00 et le 18/10/06 18:00 mais sont considérés comme de faux positifs.

VII.2.2.1.5. *Vivaqua PZ7 – Captage (7-amino-1,3-naphtalène sulphonate)*

Dans la galerie nord, une restitution par à-coups et en dents de scie se produit à partir du 18/10/06 21:00 et ce jusqu'au-delà de la fin de l'échantillonnage le 10/11/06 06:00 où l'on enregistre encore une concentration de 0.21 µg/l. Durant cette période le pic de restitution se produit le 22/10/06 à 10:00 avec une concentration très forte de 17,37 µg/l. Le reste du temps les concentrations sont faibles, entre 0.05 et 1.58 µg/l au maximum.

Dans la galerie sud, une restitution très nette se produit à partir du 21/10/06 22:00 et ce jusqu'au-delà de la fin de l'échantillonnage le 10/11/06 06:00 où l'on enregistre encore une concentration de 2.55 µg/l. Durant cette période le pic de restitution se produit le 06/11/06 à 18:00 (2.66 µg/l). La concentration maximum enregistrée, 5.71 µg/l, se fait cependant lors de la première arrivée (ponctuelle) du traceur le 18/10/06 à 18:00. En sus de cette première arrivée ponctuelle, sept autres échantillons se sont révélés positifs avant la restitution du 21/10/06.

Dans la galerie principale, la restitution se produit de la même manière que dans la galerie sud. Une première arrivée se produit assez rapidement mais de manière ponctuelle ; le

VII. Paramètres hydrogéologiques

18/10/06 à 17:00 (0.22 µg/l), une seconde arrivée ponctuelle le 21/10/06 à 20:00 (0.056 µg/l) est finalement suivie par une restitution continue à partir du 22/10/06 00:01 et ce jusqu'au-delà de la fin de l'échantillonnage le 10/11/06 06:00 où l'on enregistre encore une concentration de 1.67 µg/l. Durant cette période le pic de restitution semble se produire le 08/11/06 à 12:00 (1.74 µg/l).

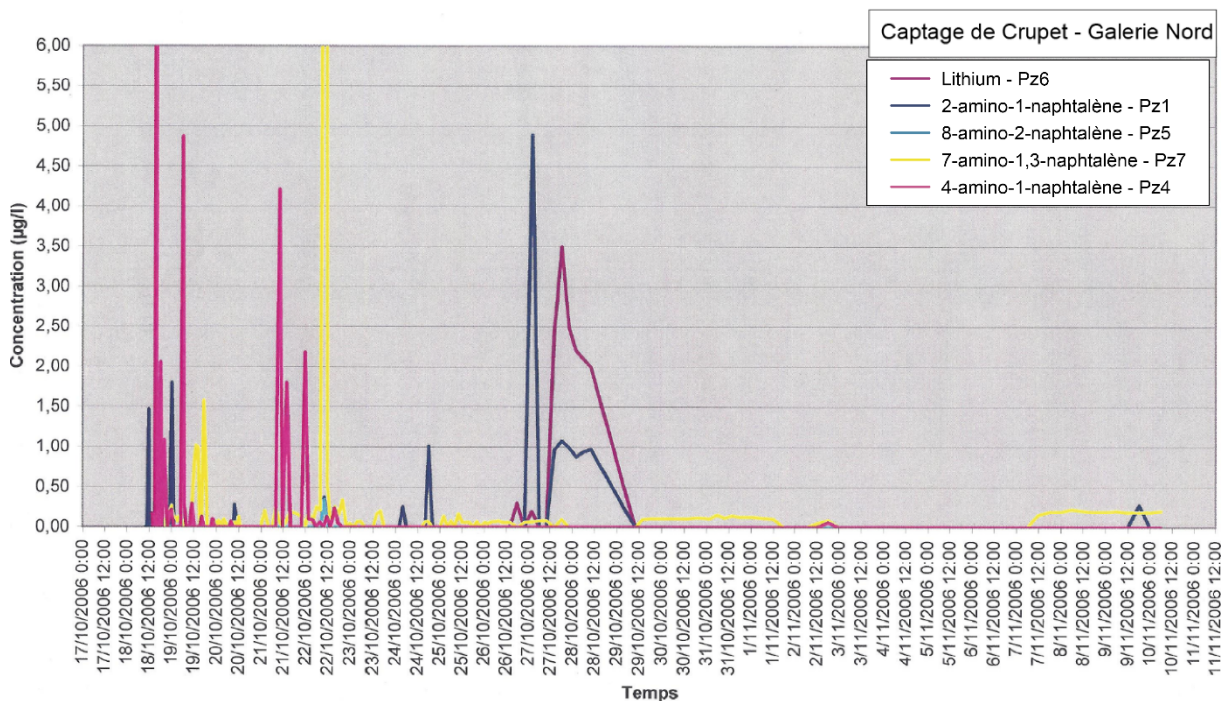


Figure VII.5 : Courbe de restitution des traceurs injectés dans les piézomètres Pz1, Pz4, Pz5, Pz6, Pz7 et échantillonné au captage de Crupet dans la Galerie Nord (SPW - ZP CRUPET, 2007).

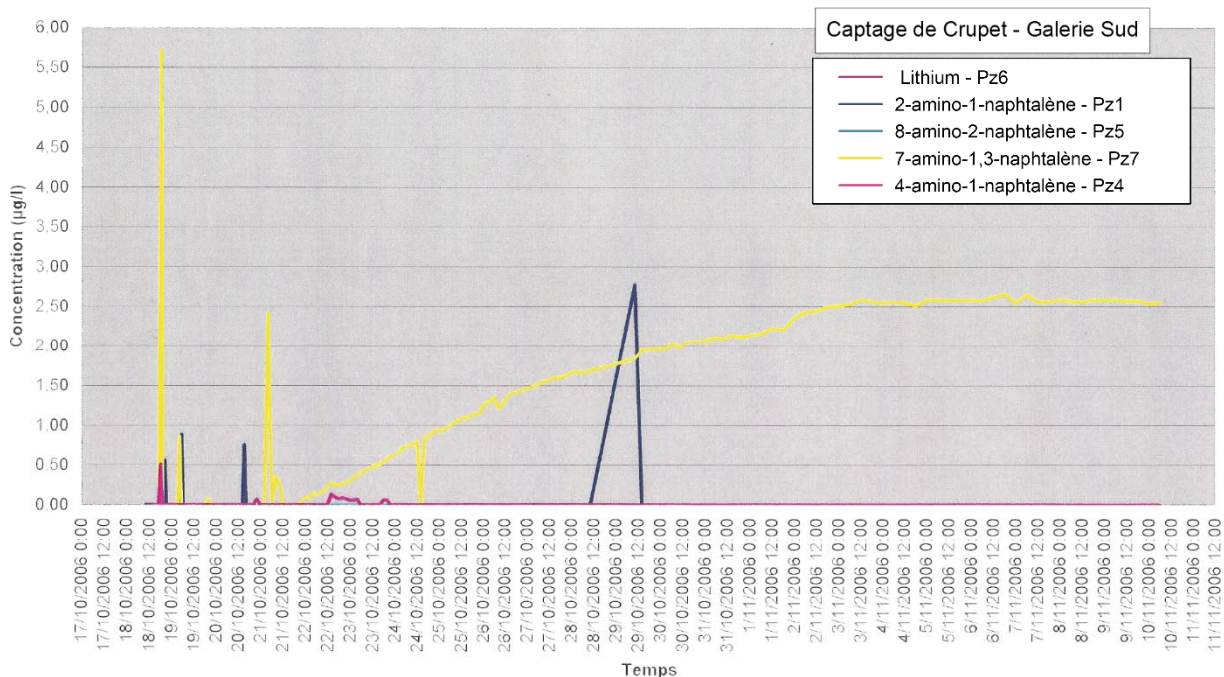


Figure VII.6 : Courbe de restitution des traceurs injectés dans les piézomètres Pz1, Pz4, Pz5, Pz6, Pz7 et échantillonné au captage de Crupet dans la Galerie Sud (SPW - ZP CRUPET, 2007).

VII. Paramètres hydrogéologiques

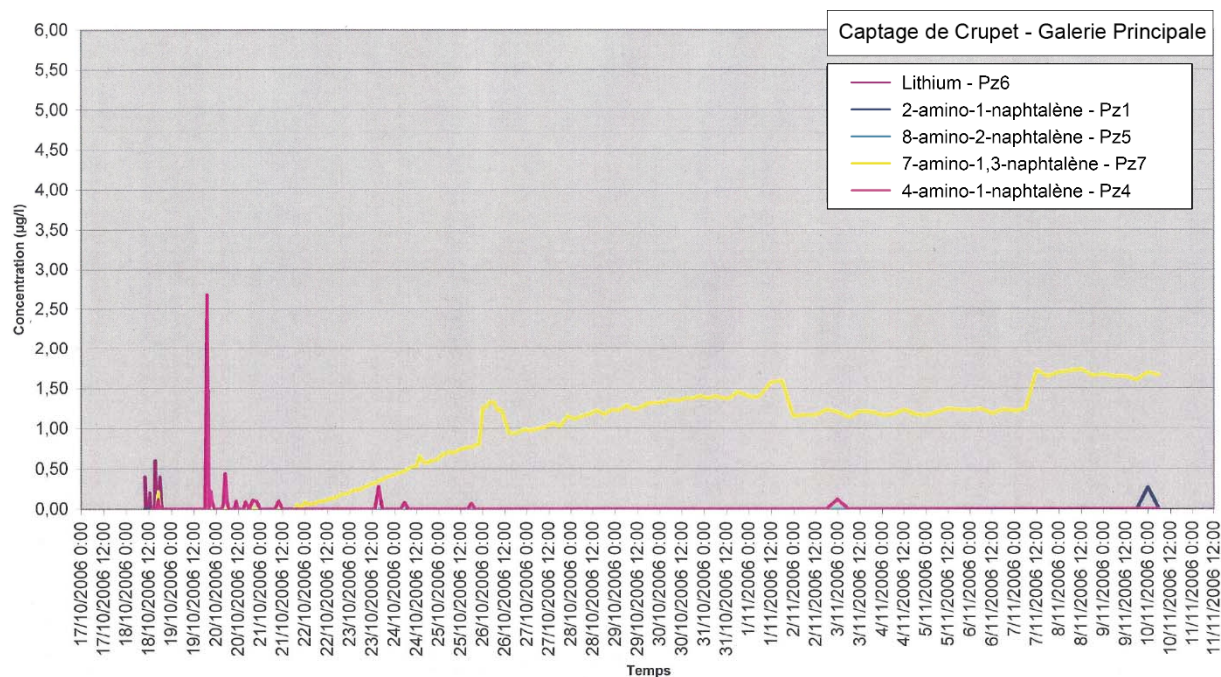


Figure VII.7 : Courbe de restitution des traceurs injectés dans les piézomètres Pz1, Pz4, Pz5, Pz6, Pz7 et échantillonné au captage de Crupet dans la Galerie Principale (SPW - ZP CRUPET, 2007).

VII.2.2.1.6. Ry de Vovesène – Captage (8-amino-2-naphtalène sulphonate, Naphtionate)

Une restitution faible mais continue du 8-amino-2-naphtalène sulphonate est mise en évidence (Figure VII.8). La vitesse d'arrivée du traceur est rapide, environ 24 h pour 2 100 m.

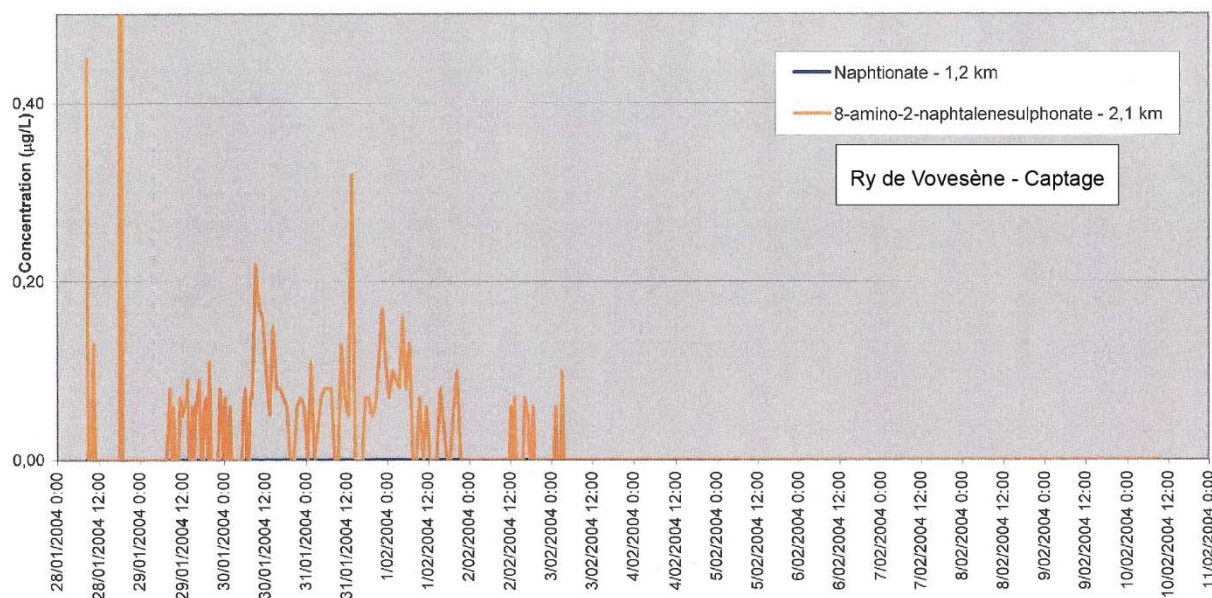


Figure VII.8 : Courbe de restitution des traceurs injectés dans le Ry de Vovesène le 28/01/2004.

VII.2.2.1.7. Aiguigeois à 40 cm du Crupet – Captage (Naphtionate)

Une restitution très faible mais continue du Naphtionate est mise en évidence (Figure VII.9).

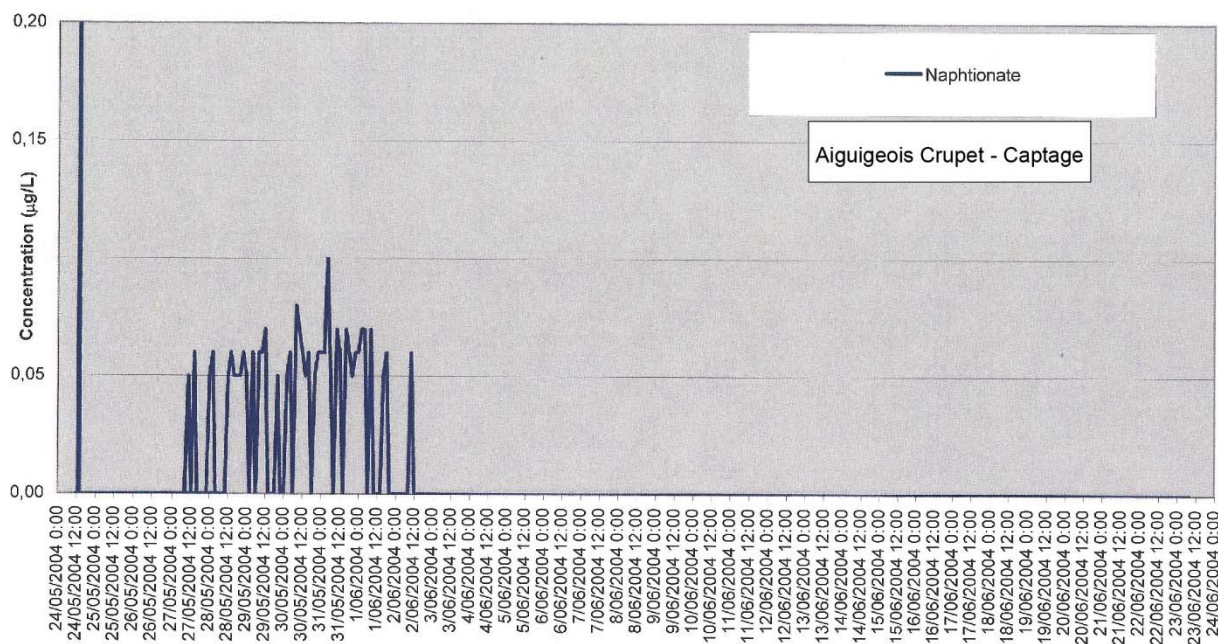


Figure VII.9 : Courbe de restitution du traceur injecté dans un aiguigeois situé à 40 cm du Crupet le 24/05/2004.

VII.2.2.2. Captage d'Anhée : carrière Bioul Noire Terre P1, P2, P3

Des essais de traçage ont été réalisés de septembre à novembre 1994 par la S.W.D.E. (1996) sur 5 piézomètres (Figure VII.1) sollicitant la nappe des calcaires carbonifères dans le cadre de la délimitation de la zone de prévention du captage d'Anhée (voir VIII.1.1.3 Captage d'Anhée : carrière Bioul Noire Terre P1, P2, P3, p. 104).

Les essais se sont fait à partir des piézomètres Pz1, 2, 4, 5 et 6 en direction du Pz3 et des ouvrages captant P1 à P3. Aucun des traceurs n'a été retrouvé endéans la période de surveillance.

VII.2.3 Aquifère des calcaires du Frasnien

Des essais de traçage ont été réalisés le 22/01/14 et le 24/01/14 Cotton (2014) sur le système karstique du Trou d'Haquin (Figure IV.11, p. 35) situé dans les calcaires du Frasnien dans le cadre d'un travail de fin de baccalauréat. Le Tableau VII.8 résume les données relatives à ces traçages.

Tableau VII.8 : Résumé des résultats des traçages effectués sur le système karstique du Fond d'Hestroy (Trou d'Haquin) (Cotton, 2014).

Site d'injection	Site d'échantillonnage	Distance (m)	Traceur	Date de réalisation	Temps de 1 ^{er} arrivée (heure)	Durée de la restitution (heure)	Taux de restitution (%)	Temps modal (h)	Concentration modale (ppb)	Qté injectée (g)
Trou d'Haquin : siphon de la Salle Ronde	Résurgence de Chauvaux	2 750	Uranine	22/01/2014	10,3	19,4	32,1	13,3	14,78	100
Trou d'Haquin : Nouveau Réseau	Résurgence de Chauvaux	2 720	Rhodamine	22/01/2014	9,6	7,2	17,2	11,8	14,79	100
Chantoir des Bouleaux	Résurgence de Chauvaux	2 620	Rhodamine	24/01/2014	19,2	38,4	56,1	22,4	16,12	100
Ruisseau du Trou d'Hestroy	Résurgence de Chauvaux	2 730	Uranine	24/01/2014	14,3	26,5	39,4	19,2	9,67	100

VIII. ZONES DE PROTECTION

VIII.1. CADRE LÉGAL

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

Afin de limiter les risques de contamination des captages, des périmètres de prévention doivent être mis en place. La législation wallonne¹¹ définit 4 niveaux de protection à mesure que l'on s'éloigne du captage : zones de prise d'eau (Zone I), de prévention (Zones IIa et IIb) et de surveillance (Zone III).

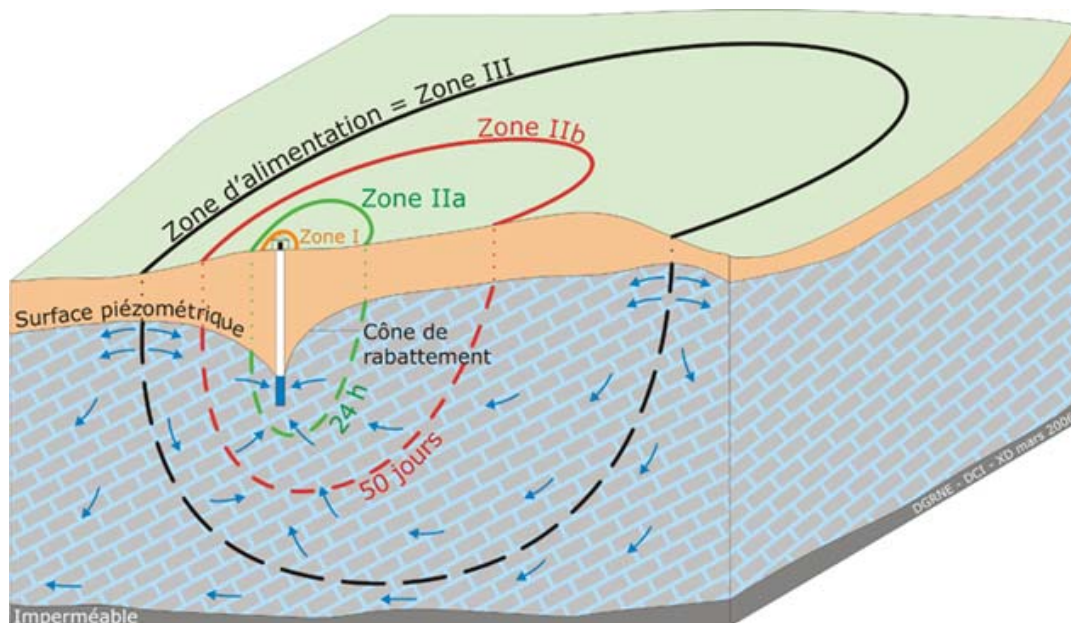


Figure VIII.1 : Zones de protection en Région Wallonne (source : Etat des nappes d'eau souterraine de Wallonie (2012), <http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/index.htm>).

VIII.1.1 Zone de prise d'eau ou zone I

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

¹¹ Arrêté de l'Exécutif régional wallon du 14 novembre 1991 relatif aux prises d'eau souterraines, aux zones de prise d'eau, de prévention et de surveillance et à la recharge artificielle des nappes d'eau souterraine, abrogé par l'arrêté du GW du 3 mars 2005 relatif au livre II du code de l'Environnement, contenant le Code de (M.B. du 12/04/2005, p. 15068).

VIII.1.2 Zones de prévention rapprochée et éloignée ou zones IIa et IIb

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

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

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

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

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

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

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

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

VIII.1.3 Zone de surveillance ou zone III

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

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

VIII.1.4 Mesures de protection

Diverses mesures de protection ont été définies par les autorités compétentes pour les différentes zones. Ces mesures concernent notamment l'utilisation et le stockage de produits dangereux, d'engrais ou de pesticides, les puits perdus, les nouveaux cimetières, les parkings,... Elles visent à réduire au maximum les risques de contamination de la nappe. Toutes ces mesures sont décrites aux articles R.162 à R.170 de l'Arrêté du Gouvernement Wallon du 12 février 2009¹².

La Société publique de Gestion de l'Eau¹³ assure la gestion financière des dossiers concernant la protection des eaux potabilisables distribuées par réseaux, par le biais de contrats de service passés avec les producteurs d'eau. Pour financer les recherches relatives à la délimitation des zones de prévention et indemniser tout particulier ou toute société dont les biens doivent être mis en conformité avec la législation, une redevance de 0,107 € est prélevée sur chaque m³ fourni par les sociétés de distribution d'eau.

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

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

¹² 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).

¹³ SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999

VIII.1. ZONES DE PRÉVENTION AUTOUR DES CAPTAGES

L'ensemble des captages qui sont destinés à une distribution publique d'eau ou à un usage alimentaire devra, dans un futur plus ou moins proche, faire l'objet d'une étude de délimitation des zones de prévention rapprochée et éloignée. Cette étude sera proposée au Service des Eaux Souterraines de la DGARNE et arrêtée, après éventuelle révision, par signature du ministre wallon en charge de l'environnement. Les zones de prévention qui doivent être définies sont symbolisées, sur la carte principale accompagnant cette notice, par un triangle vide centré sur les captages concernés. Les zones de prévention arrêtées sont quant à elles représentées en hachuré vertical pour une zone rapprochée et horizontal pour une zone éloignée.

VIII.1.1 Zone de prévention arrêtée

A la date du mois mars 2014, 4 zones de prévention arrêtées étaient recensées sur la carte Bioul - Yvoir :

1. « Captage de Crupet » (code VIVAQUA07) ;
2. « Captage de Durnal » (Code VIVAQUA21) ;
3. « Carrière Bioul Noire Terre P1, P2, P3 » (Code SWDE008) ;
4. « Galeries de Spontin » (Code VIVAQUA12).

VIII.1.1.1. *Captage de Crupet*

Le captage de Crupet est exploité par VIVAQUA et sollicite la nappe de l'Aquifère des calcaires du Carbonifère ([Figure VIII.2](#)). La zone de prévention du captage de Crupet occupe une superficie s'étendant sur quatre cartes ([Figure VIII.3](#)) dont une bonne moitié sur la sur la carte Bioul - Yvoir.

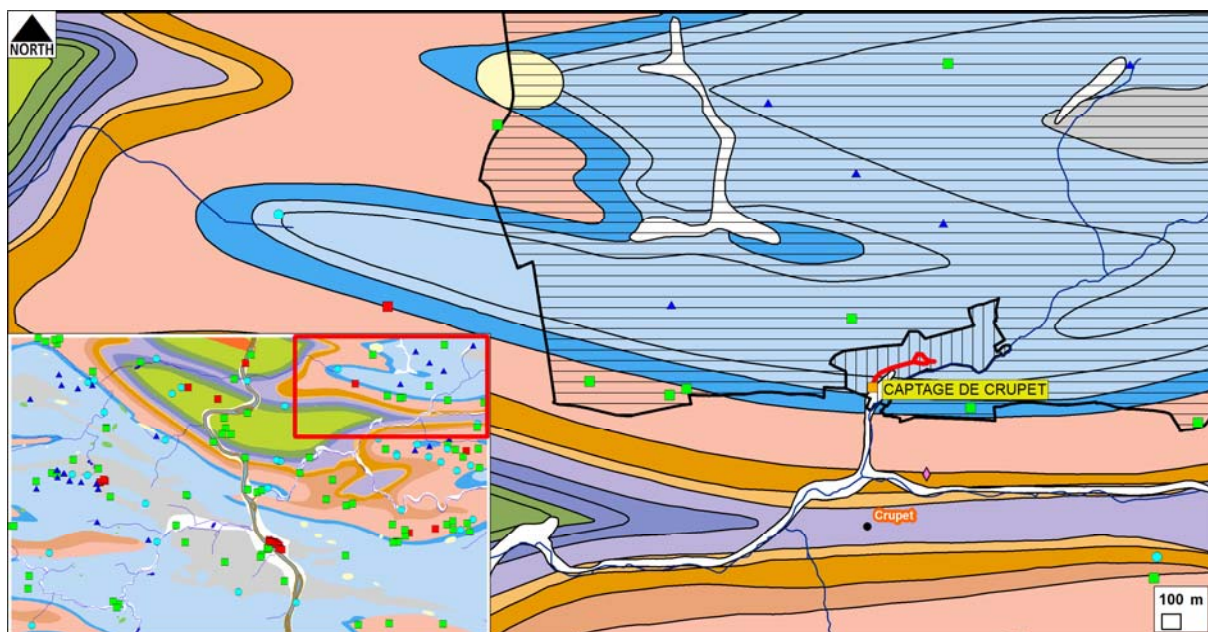


Figure VIII.2 : Extension de la zone de prévention du captage de Crupet localisée sur la carte de Bioul – Yvoir 53/3-4.

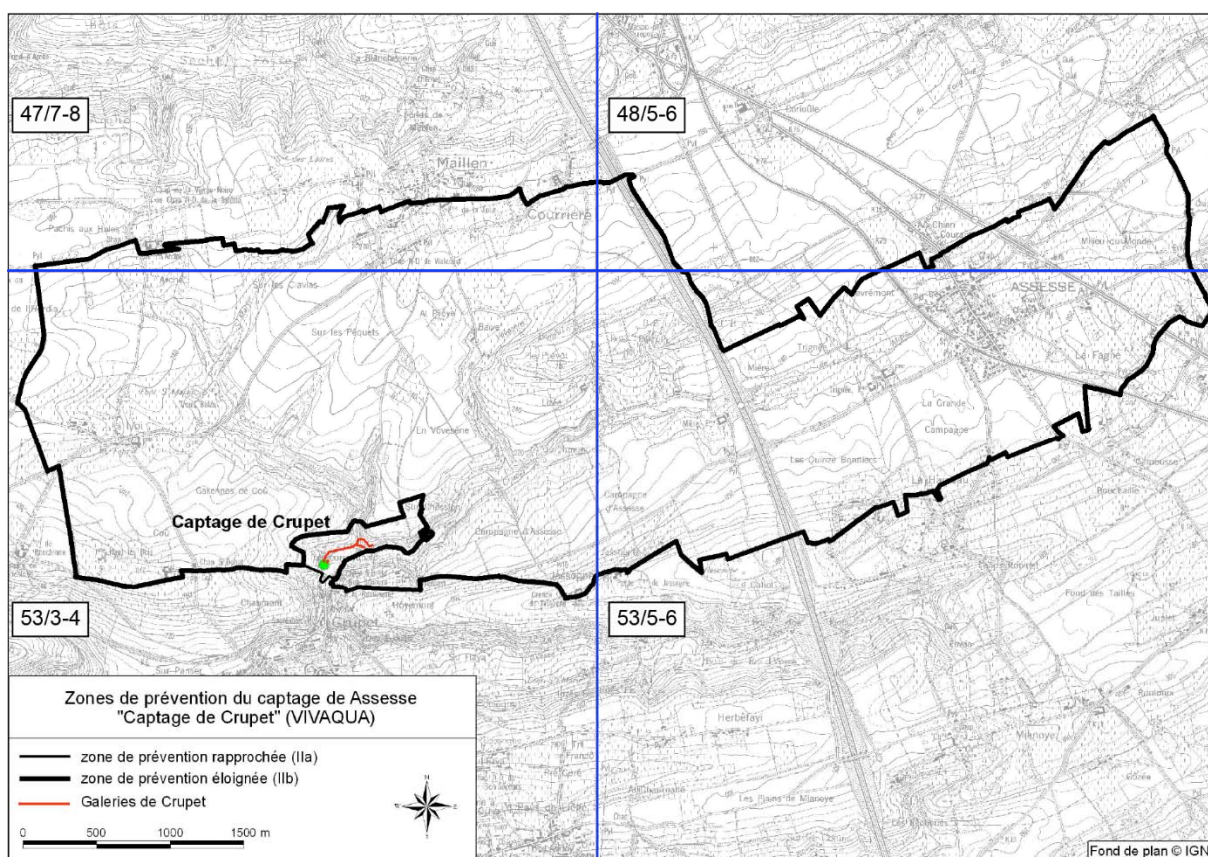


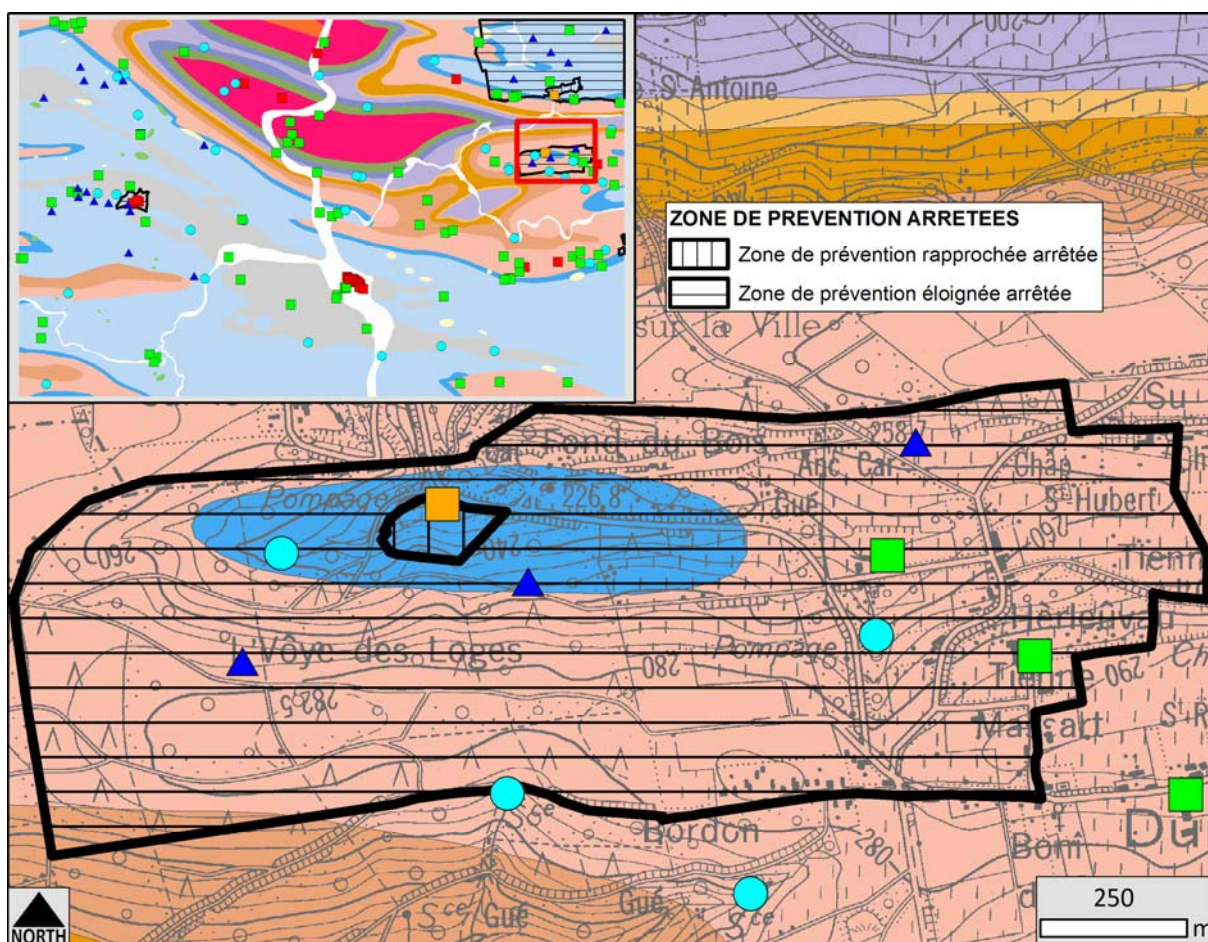
Figure VIII.3 : Zone de prévention du captage de Crupet.

Les captages consistent en trois galeries drainantes, Principale, Nord et Sud. L'ensemble des eaux souterraines récoltées ainsi est récupéré par un puits sur galerie par gravité (CAPTAGE DE CRUPET). La délimitation proposée s'appuie sur une étude géologique et hydrogéologique (forage de 7 piézomètres autour du site, essais de pompage

sur piézomètres, traçages à partir des piézomètres et de sites sensibles telles que des pertes). La délimitation des limites des zones de prévention ont été estimées sur la base des temps de transfert calculés à partir de la vitesse effective, elle-même fonction de la vitesse de Darcy et de la porosité. La vitesse de Darcy ayant été calculée à partir des perméabilités les plus élevées, calculées lors des essais de pompage.

VIII.1.1.2. Captage de Durnal

Le captage de Durnal est exploité par VIVAQUA et sollicite la nappe de l'Aquifère - Aquitard - Aquiclude de l'Hastarien. Les zones IIa et IIb arrêtées sont présentées à la [Figure VIII.4](#). Les captages consistent en une galerie captante. La délimitation proposée s'appuie sur une étude géologique et hydrogéologique (forage de 3 piézomètres autour du site et pompages d'essai, campagne géophysique ; **GEOLYS, 2005**).



VIII.1.1.3. Captage d'Anhée : carrière Bioul Noire Terre P1, P2, P3

Le captage de la « Carrière Bioul Noire Terre » est exploité par la S.W.D.E. et sollicite la nappe des calcaires du Carbonifère. Les zones IIa et IIb arrêtées sont présentées à la [Figure VII.7](#). Les captages consistent en 5 puits (CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P1 à P5)

dont seuls trois sont en service (CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P1 à P3). La délimitation proposée s'appuie sur une étude géologique et hydrogéologique (prospections géophysiques, forage de 7 piézomètres, essais de pompage, traçages, modélisation mathématique ; S.W.D.E., 1996a et S.W.D.E., 1996b).

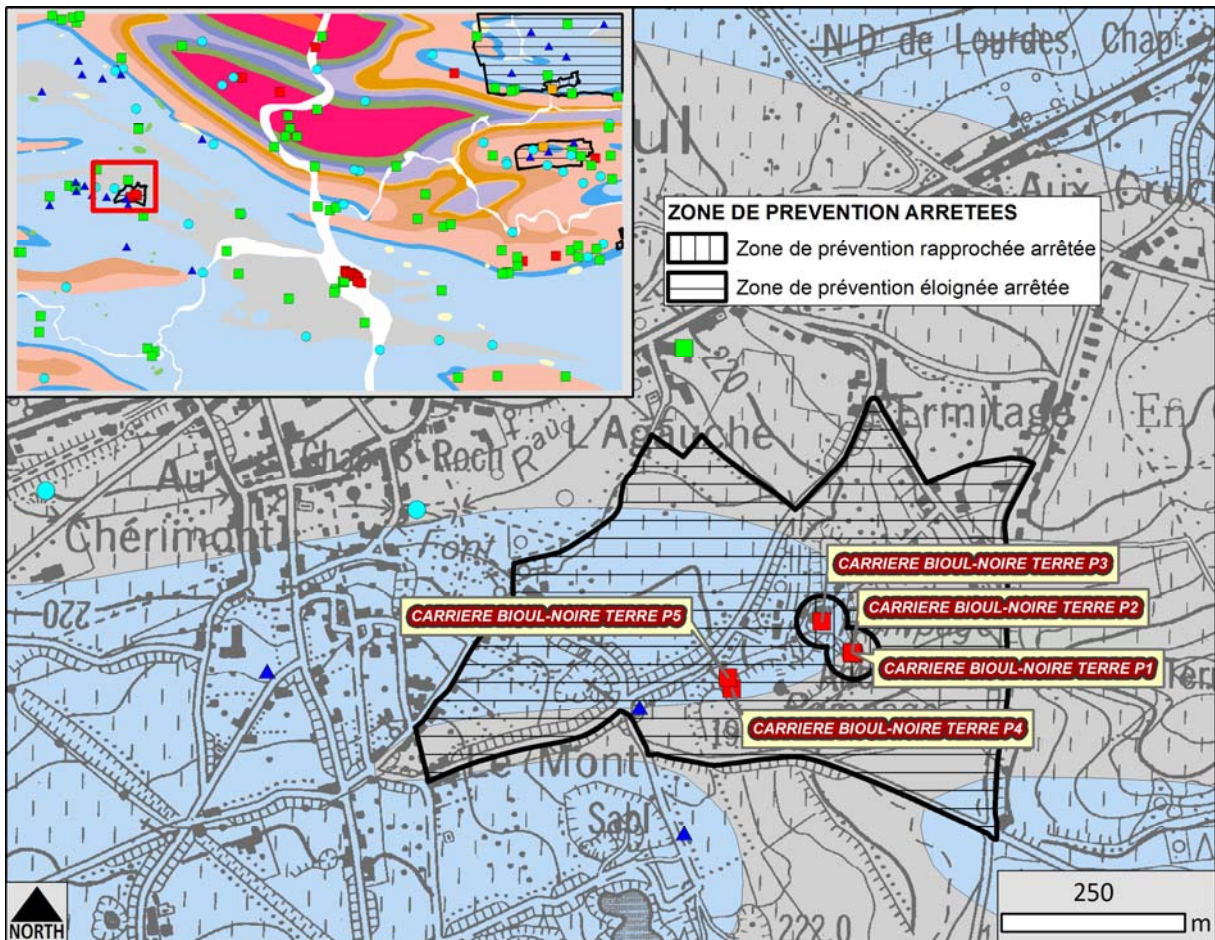


Figure VIII.5 Zones de prévention arrêtée du captage de « Carrière Bioul Noire Terre ».

VIII.1.1.4. Galeries de Spontin

Les galeries de Spontin sont exploitées par la société VIVAQUA. Ce captage se situe sur la carte à l'est, 54/1-2 Natoye - Ciney. L'extension de la zone de prévention de ce captage s'étend sur quatre cartes (Figure VIII.7). Sur la carte Bioul – Yvoir, seul une toute petite partie apparaît sur le côté est de la carte (Figure VIII.6). Pour plus de renseignements sur cette zone de prévention, le lecteur peut se référer à la notice explicative de la carte hydrogéologique 54/1-2.



Figure VIII.6 Extension sur la carte Bioul – Yvoir de la zone de prévention arrêtée de la Galerie de Spontin.

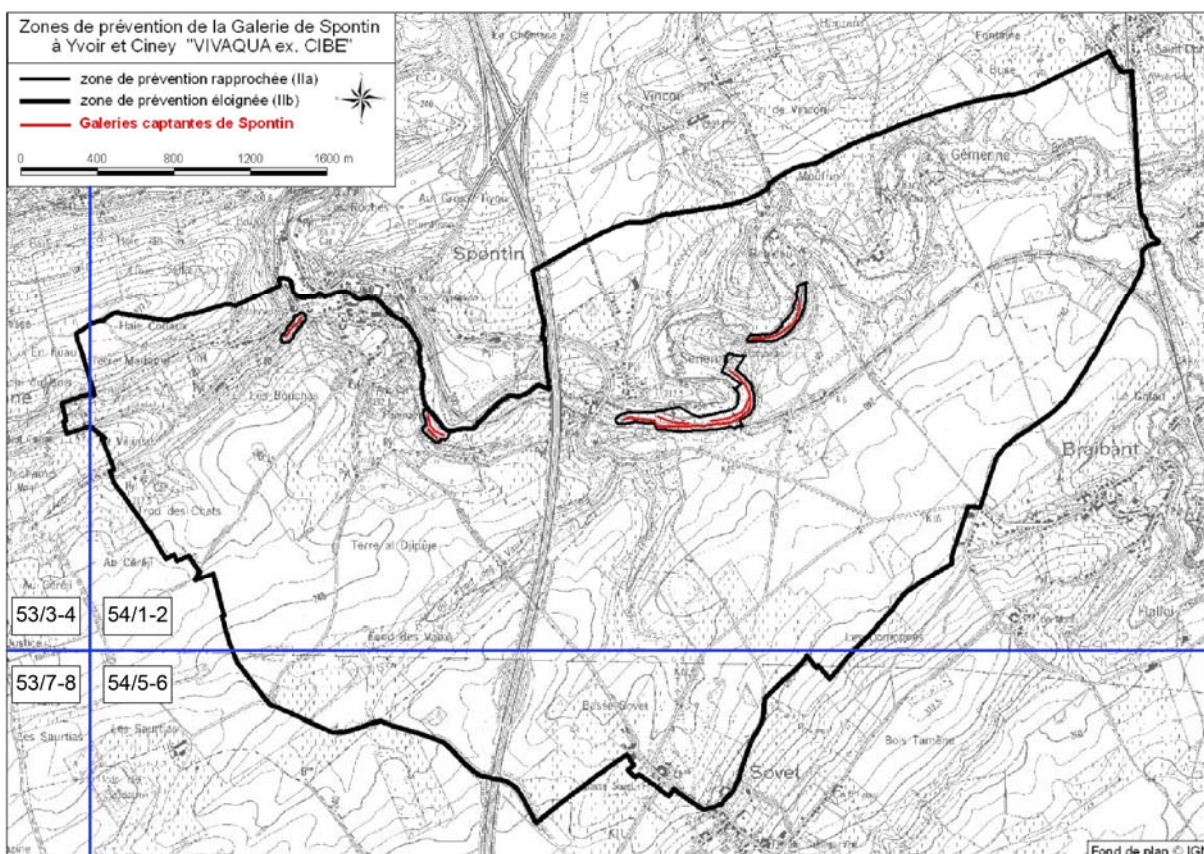


Figure VIII.7 Extension sur la carte Bioul – Yvoir de la zone de prévention arrêtée de la Galerie de Spontin.

VIII.1.2 Zone de prévention à l'enquête publique

A la date du mois de mars 2014, aucune zone de prévention n'était à l'enquête publique sur la carte de Bioul - Yvoir.

VIII.1.3 Zones de prévention à définir

A la date du mois de mars 2014, 6 captages sur la carte de Bioul - Yvoir faisaient l'objet d'une zone de prévention à définir :

Ces zones de prévention à définir concernent :

- Quatre sources de l'A.I.E.M. : RAVERDIE (Figure VIII.8), CAPTAGE DE WARNANT (Figure VIII.9), FONTENY (Figure VIII.8) et CAPTAGE DE SALET (Figure VIII.9) ;
- La source ARBRE E1 (Figure VIII.8) exploité par la S.W.D.E. ;
- CHAMPALE (BATTERIE DE 12 PUITES) exploité par VIVAQUA (Figure VIII.9).

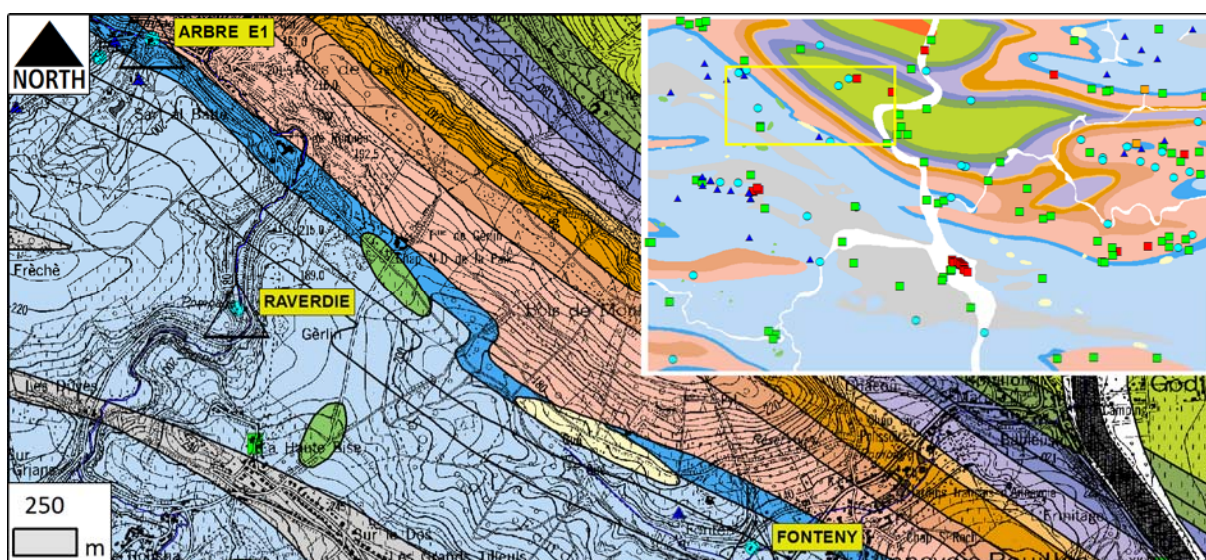


Figure VIII.8 : Zones de prévention à définir sur la carte Bioul - Yvoir.

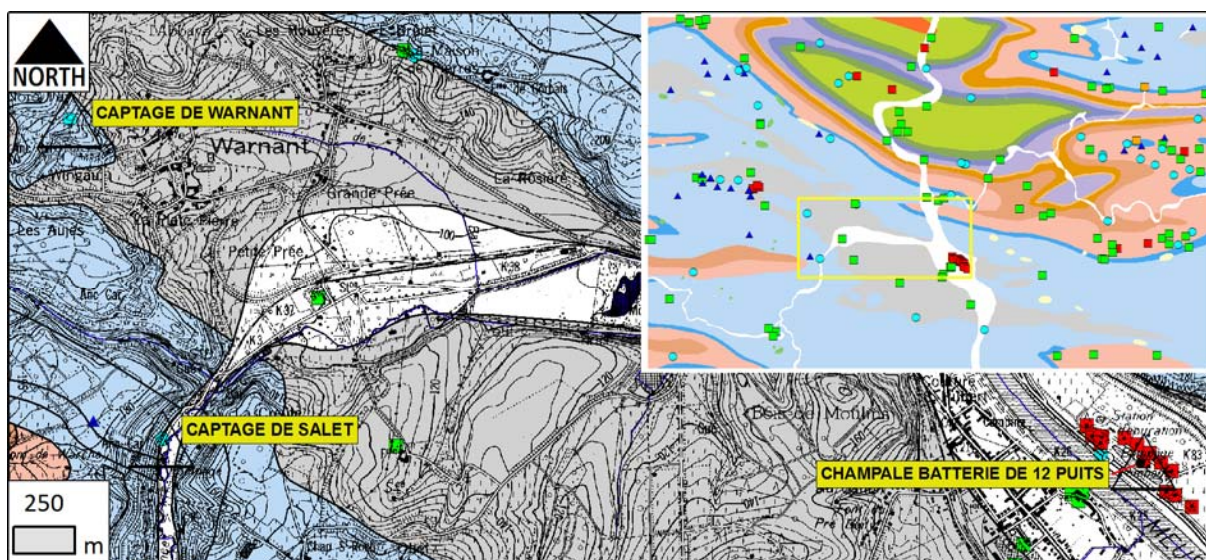


Figure VIII.9 : Zones de prévention à définir sur la carte Bioul - Yvoir.

IX. MÉTHODOLOGIE D'ÉLABORATION DE LA CARTE HYDROGÉOLOGIQUE

Le présent chapitre décrit brièvement les principales sources d'informations géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques disponibles pour la région de Bioul - Yvoir.

IX.1. INTRODUCTION

La réalisation de la carte hydrogéologique Bioul - Yvoir (53/3-4) est basée essentiellement sur un travail de synthèse des données existantes provenant de sources multiples et variées. Ces données sont en outre complétées par des campagnes de mesures et de recherches d'information sur le terrain. Les informations récoltées sont ensuite stockées dans une banque de données géorelationnelle nommée "BD Hydro".

IX.2. COLLECTE DE DONNÉES

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

IX.2.1 Données géologiques et topographiques

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

Les unités hydrogéologiques sont directement dérivées de la carte géologique de Belgique n°166 de Soreil *et al.* (1908) éditée par l'Institut cartographique militaire (Bruxelles, Belgique). Les fonds topographiques (récents et anciens) proviennent de l'Institut National Géographique de Belgique (sous licence SPW et transmis par la DGO 3 du SPW).

IX.2.2 Données météorologiques et hydrologiques

Les informations limnimétriques proviennent de la DCENN en ce qui concerne les stations de jaugeage L6001-Burnot (X : 185 518, Y : 116 766) et L5800-Bocq (X : 187 715, Y : 113 599). Deux stations climatiques existent et sont situées près d'Yvoir (Station météo de Rivière ; (X : 185 820, Y : 113 566) et près de Crupet (Station météo de Crupet ; X : 192 563, Y : 116 150).

IX.2.3 Données hydrogéologiques

La majorité des données proviennent des bases de données (Base de données des captages « Dix-Sous », Base de données géographiques de référence, Banque de données

hydrogéologiques BD HYDRO et la base de données physico-chimiques des captages d'eau souterraine « CALYPSO ») du SPW-DGO 3.

IX.2.3.1. La banque de données BD HYDRO

Les données utilisées pour la construction de la carte hydrogéologique sont complexes et plus ou moins abondantes. Elles nécessitent de ce fait une organisation structurée de manière à optimiser leur stockage, leur gestion et leur mise à jour. Ainsi une base de données hydrogéologiques géorelationnelle a été développée (**Gogu, 2000 ; Gogu, et al., 2001**). Cette première version de la base de données BD HYDRO a été régulièrement améliorée. Dans un souci d'homogénéité entre les équipes et d'autres institutions (dont l'administration wallonne, D.G.A.R.N.E.), la base de données a été révisée. Le but est de créer un outil de travail commun et performant, répondant aux besoins des spécialistes impliqués dans la gestion des eaux souterraines. Les données hydrogéologiques dispersées géographiquement devaient être disponibles dans une seule base de données centralisée. Ainsi les données détaillées de l'hydrochimie, de la piézométrie, des volumes exploités, des paramètres d'écoulement et de transport, de la géologie, telles que les descriptions de log de forage et d'autres données administratives ou autre sont stockées dans la BD HYDRO qui se trouve à la D.G.A.R.N.E. Ces données peuvent être demandées à la Direction des Eaux souterraines du SPW qui décide de leur accessibilité au cas par cas. L'ensemble des données collectées est encodé dans la base de données géorelationnelle, BD HYDRO (**Wojda, et al., 2005**). Elle regroupe toutes les informations disponibles en matière d'hydrogéologie en Région wallonne. Parmi les nombreuses et diverses données de la BD HYDRO on trouve des informations relatives à la localisation des prises d'eau (puits, sources, piézomètres,...), leurs caractéristiques géologiques et techniques, ainsi que des données sur la piézométrie, la qualité physicochimique des eaux souterraines, les volumes prélevés... Les divers tests (diagraphies, essais de pompage, essais de traçage, prospection géophysique) sont également encodés dans la BD HYDRO. Elle est également enrichie avec les informations sur les études, rapports et autres documents hydrogéologiques écrits. Ces renseignements se présentent sous la forme de métadonnées.

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

IX.2.3.2. Localisation des ouvrages et sources

Les données sur les ouvrages proviennent de la BD DIX SOUS et de la BD HYDRO, des sociétés de distribution d'eau, des communes, des agriculteurs et des particuliers.

Au total, 176 ouvrages ont été encodés dans la banque de données BD HYDRO. Ces ouvrages comprennent 25 puits de distribution, 2 puits sur galerie par gravité, 79 puits de particuliers, 25 piézomètres, 39 sources et 6 sondes géothermiques. Ces données proviennent des communes, d'agriculteurs, de particuliers et de la banque de données du Service public de Wallonie (Dix Sous).

IX.2.3.3. Données piézométriques

Les données piézométriques proviennent des données collectées lors d'études hydrogéologiques par la Région Wallonne et des bureaux d'études ainsi que des mesures piézométriques effectuées dans le cadre de la réalisation de cette carte en 2003 (32 mesures), sur des piézomètres et des puits appartenant à des sociétés de distribution, des particuliers ou des agriculteurs.

IX.2.3.4. Données hydrochimiques

Les données hydrochimiques ont été fournies par la banque de données de la Région Wallonne CALYPSO (16 995 valeurs de paramètres chimiques, concernaient 34 ouvrages).

IX.3. CONSTRUCTION DE LA CARTE HYDROGÉOLOGIQUE

Les limites des unités hydrogéologiques sont directement dérivées de l'ancienne carte géologique 53/3-4 Bioul - Yvoir de 1908. Les types d'unités hydrogéologiques sont définis principalement sur base de la lithologie de cette carte (**Soreil et al., 1908**). Dans certains cas, plusieurs unités géologiques superposées sont groupées en une seule unité hydrogéologique en tant qu'aquifère, aquiclude ou aquitard, selon leurs caractéristiques hydrodynamiques.

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

Des discontinuités entre les limites géologiques et/ou hydrogéologiques, avec les cartes voisines apparaissent avec la carte 53/7-8 Hastière - Dinant située au sud, la carte 53/1-2 Biesme – Mettet située à l'ouest et la carte à l'est, 54/1-2 Natoye - Ciney. Elles sont le résultat de l'utilisation de fonds géologiques anciens ; Soreil et al. (**1908**) pour la carte de Bioul - Yvoir alors que les cartes hydrogéologiques d'Hastière – Dinant, de Biesme – Mettet

et de Natoye - Ciney ont été réalisées avec le nouveau fond géologique. La façon dont sont actuellement levées les nouvelles cartes géologiques ayant changé (critères lithostratigraphiques plutôt que biostratigraphiques), des discontinuités entre les unités géologiques existent entre les différentes générations. Les cartes hydrogéologiques sont toujours réalisées avec le fond géologique le plus récent et disponible à la publication au SPW. Dès lors il se peut que des cartes réalisées avec des nouveaux fonds côtoient des cartes faites avec des anciens fonds, ce qui explique les discontinuités d'unités hydrogéologiques. Pour des cartes géologiques récentes, des conditions de levé différentes (quantité d'affleurement) et des variations latérales de faciès peuvent également entraîner des limites ou des formations géologiques différentes, avec pour conséquence des unités hydrogéologiques différentes et donc des discontinuités.

Des discontinuités peuvent apparaître entre les limites géologiques et/ou hydrogéologiques de la carte Bioul - Yvoir et celles de la carte au nord (47/7-8 Malonne - Naninne), réalisée avec un ancien fond géologique. Elles sont liées soit au fait que les raccords entre anciennes cartes n'étaient pas gérés de façon détaillée, soit à des descriptions lithologiques plus détaillées sur une carte par rapport à l'autre ou encore à des conditions de levé différentes (affleurements peu nombreux rendant la délimitation des assises impossible).

Le type de couverture d'une nappe est déterminé sur la base de la lithologie des formations géologiques d'âge cénozoïque ou quaternaire qui affleurent sur la carte géologique dans la mesure où ceux-ci ont une importance suffisante que pour avoir une influence sur la nappe sous-jacente. Plusieurs possibilités sont alors envisagées : nappe à l'affleurement, nappe sous couverture perméable, nappe sous couverture imperméable et nappe sous couverture semi-perméable. Dans le cas de la superposition de plusieurs nappes, c'est la couverture de la nappe principale qui est considérée et dans d'autres cas, c'est la couverture de la nappe supérieure qui est représentée. Cette couche n'est disponible que sur l'application WebGIS (<http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartehydrogeo/>). Aucune couverture importante n'est présente sur la carte Bioul – Yvoir, dès lors toutes les nappes sont classées comme « affleurantes ».

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

On retrouve dans cette catégorie, les points hydrogéologiques, les points nappes, les cotes piézométriques ponctuelles, les mesures (chimie, pompage, traçage et diagraphie), les

volumes prélevés sur une année, les cotes isohypses ponctuelles, les stations (climatiques et limnimétriques) et les zones de prévention à définir.

Les données piézométriques proviennent d'études hydrogéologiques de sociétés de distribution et de bureaux d'études ainsi que de campagnes piézométriques effectuées dans le cadre de la réalisation de cette carte, en 2003, sur des piézomètres et sur des puits appartenant à des particuliers ou à des agriculteurs.

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

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

- une carte principale (CP) au 1/25 000, reprenant la topographie, le réseau hydrographique, les unités hydrogéologiques en terme d'aquifère, d'aquiclude ou d'aquitard, les zones de prévention, les ouvrages selon leur type (puits, piézomètre, source, galerie etc.), la piézométrie à une date donnée (isopièzes ou, à défaut, cotes ponctuelles de la nappe), les phénomènes karstiques, etc. ;
- une ou plusieurs coupes hydrogéologiques montrant la structure des unités hydrogéologiques et le niveau piézométrique à une date donnée ;
- un tableau de correspondance entre les formations géologiques et les unités hydrogéologiques ;
- deux cartes thématiques au 1/50 000 complétant l'information donnée par la carte principale :
 - une carte des volumes (CV) où est repris l'ensemble des ouvrages (puits, piézomètres, sources,..) différenciés selon les principaux aquifères sollicités, ainsi que les volumes pompés et déclarés dans les différentes nappes en distinguant les volumes prélevés pour la distribution publique d'eau potable et des autres volumes prélevés (par les industries, les agriculteurs, les particuliers, etc.) ;
 - une carte des informations complémentaires, du caractère de la nappe et/ou de la couverture (CC) sur laquelle figurent les ouvrages pour lesquels des données hydrochimiques sont disponibles, les sites où divers tests (essais de pompage, traçages, diagraphies, ...) ont été

réalisés, les zones investiguées par prospection géophysique, ou reconnues comme vulnérables aux nitrates.

IX.4. AVERTISSEMENT

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

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

X. BIBLIOGRAPHIE

ADAMS, R. & VANDENBERGHE, N., 1999

The Meuse section across the Condroz-Ardenne (Belgium) based on a predeformational sediment wedge, *Tectonophysics*, 309, pp. 179-195.

ANDRÉ, B. & ROYAUX, E., 1989

Etude hydrogéologique dans la région de Crupet-Durnal, Mémoire de Licence en Hydrologie de l'Université Catholique de Louvain, 97 p.

ASSELBERGHS, E., 1954

L'Eodévonien de l'Ardenne, In : *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*, publié sous la direction de P. Fourmarier, Société géologique de Belgique, pp. 83-117.

BACKAERT, D., 2013

Etude hydrogéologique et géophysique des vallées de Lesve et du Burnot et dimensionnement du système karstique de Lesve-Arbre, Mémoire de fin d'études en sciences non publié, Université de Bruxelles, Bruxelles.

BELANGER, I., DELABY, S., DELCAMBRE, B., GHYSEL, P., HENNEBERT, M., LALOUX, M., MARION, J.-M., MOTTEQUIN, B., PINGOT, J.-L., 2012

Rédéfinition des unités structurales du front varisque utilisées dans le cadre de la nouvelle Carte géologique de Wallonie (Belgique). *Geologica Belgica*, 15/3, pp. 169-175.

BOULVAIN, F., BULTYNCK, P., COEN, M., COEN-AUBERT, M., LACROIX, D., LALOUX, M., CASIER, J.-G., DEJONGHE, L., DUMOULIN, V., GHYSEL, P., GODEFROID, J., HELSEN, S., MOURAVIEFF, N.A., SARTENAER, P., TOURNEUR, F. & VANGUESTAINE, M., 1999

Les Formations du Frasnien de la Belgique, *Memoirs of the Geological Survey of Belgium*, Brussels, 44, 126 p.

BROUYÈRE, S., GESELS, J., JAMIN, P., ROBERT, T., THOMAS, L., DASSARGUES, A., BASTIEN, J., VAN WITTENBERGE, F., RORIVE, A., DOSSIN, F., LACOUR, J.-L., LE MADEC, D., NOGARÈDE, P., HALLET, V., 2009A

Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en œuvre de la Directive Européenne 2000/60 sur les masses d'eau souterraine en Région Wallonne (Projet Synclin'EAU), délivrable D.5.11 – partie RWM022 et RWM023. *Convention RW et SPGE-Aquapole*.

BROUYÈRE, S., GESELS, J., GODERNIAUX, P., JAMIN, P., ROBERT, T., THOMAS, L., DASSARGUES, A., BASTIEN, J., VAN WITTENBERGE, F., RORIVE, A., DOSSIN, F., LACOUR, J.-L., LE MADEC, D., NOGARÈDE, P., HALLET, V. 2009B

Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en œuvre de la Directive Européenne 2000/60 sur les masses d'eau souterraine en Région Wallonne (Projet Synclin'EAU), délivrables D.2.22 et D.3.12 – partie RWM021 (caractérisation: synthèse), D3.52 & D4.52 (interactions ESU-ESO). *Convention RW et SPGE-Aquapole*.

CASTANY G., MARGAT J., 1977

Dictionnaire français d'hydrogéologie, éditions du BRGM.

CALYPSO, SPW-DGO 3

Base de données des analyses physico-chimiques des captages d'eau souterraine de Wallonie.

CASTANY, G., 1998

Hydrogéologie, principes et méthodes, Dunod, 236 p.

CELLULE ETAT DE L'ENVIRONNEMENT WALLON, 2006-2007

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

CHAPEVEYER, A., 1978

Expérience de traçage des eaux au chanoir de Normont, Bulletin de la Société Spéléologique de Namur, pp. 17-30.

COTTON, A., 2014

Etude hydrogéologique du système karstique du Trou d'Haquin. Travail de fin de baccalauréat non publié, Université de Namur, Belgique.

DE BÉTHUNE, P., 1961

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

DE BROYER, C., THYS, G., FAIRON, J., MICHEL, G., 1999

Atlas du Karst wallon, Inventaire cartographique des sites karstiques et des rivières souterraines de Wallonie. (Haute Meuse. Province de Namur). DGRNE (Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement) – CWEPS (Commission Wallonne d'Etude et de Protection des Sites Souterrains asbl).

DELCAMBRE, B. ET PINGOT, J.-L., VERSION PROVISOIRE 2006 (NON PUBLIÉ)

Carte géologique de Wallonie 53/3-4 Bioul - Yvoir. Service public de Wallonie (SPW), Namur, Belgique.

DELCAMBRE, B. ET PINGOT, J.-L., VERSION PROVISOIRE 2009 (NON PUBLIÉ)

Carte géologique de Wallonie 47/7-8 Malonne - Naninne. Service public de Wallonie (SPW), Namur, Belgique.

DEJONGHE, L., 2007

Guide de lecture des cartes géologiques de Wallonie au 1/25 000, 3^{ème} édition, Ministère de la Région Wallonne, 51 p.

FETTER, C.W., 2001

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

GODEFROID, J., BLIECK, A., BULTYNCK, P., DEJONGHE, L., GERIENNE, P., HANCE, L., MEILLIEZ, F., STAINIER, P. & STEEMANS, P., 1994

Les Formations du Dévonien inférieur du Massif de la Vesdre, de la Fenêtre de Theux et du Synclinorium de Dinant (Belgique, France), Service géologique de Belgique, Mémoires pour l'explication des cartes géologiques et minières de la Belgique, Bruxelles, n°38, 144 p.

GOGU, R.C., 2000

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

GOGU, R.C. ; CARABIN, G. ; HALLET, V. ; PETERS, V. ET DASSARGUES, A., 2001

GIS-based hydrogeological database and groundwater modelling, Hydrogeology Journal, 9, 555-569.

HANCE, L., POTY, E. & DEVUYST, F.-X., 2001

Stratigraphie séquentielle du Dinantien type (Belgique) et corrélation avec le Nord de la France (Boulonnais, Avesnois), Bull. Soc. Géol. Fr., 172, pp. 411-426.

MANSY, J.-L. ET LACQUEMENT, F., 2002

Le Paléozoïque du Nord de la France et de la Belgique, Géologues, Rev. off. de l'Union française des Géologues, 133-134, 7-24.

MICHEL G, DE BROYER C., THYS G. ET FAIRON J., 2011

Atlas du Karst wallon. Bassins du Bocq et du Sanson. Commission Wallonne d'Etude et de Protection des Sites Souterrains, La Hulpe. 368 pp.

MICHEL G, DE BROYER C., THYS G. ET FAIRON J., 2013

Atlas du Karst wallon. Bassins de la Molignée et du Burnots. Commission Wallonne d'Etude et de Protection des Sites Souterrains, La Hulpe. 368 pp.

PAPROTH, E., CONIL, R., BLESS, M.J.M., BOONEN, P., BOUCKAERT, J., CARPENTIER, N., COEN, M., DELCAMBRE, B., DEPRIJCK, C., DEUZON, S., DREESEN, R. GROESSENS, E., HANCE, L., HENNEBERT, M., HIBO, D., HAHN, G. & R., HISLAIRE, O., KASIG, W., LALOUX, M., LAUWERS, A., LEES, A., LYS, M., OP DE BEEK, K., OVERLAU, P., PIRLET, H., POTY, E., RAMBOTTOM, W., STREEL, M., SWENNEN, R., THOREZ, J., VANGUESTAINE, M., VAN STEENWINKEL, M. & VIESLET, J.L., 1983A

Bio- and lithostratigraphic subdivisions of the Dinantian in Belgium. A review, Annales de la Société géologique de Belgique, 106 (2), pp.185-239.

PAPROTH, E., DUSAR, M., BLESS, M.J.M., BOUCKAERT, J., DELMER, A., FAIRON-DEMARET, M., HOULLEBERGHS, E., LALOUX, M., PIERART, P., SOMERS, Y., STREEL, M., THOREZ, J. & TRICOT, J., 1983B

Bio- and lithostratigraphic subdivisions of the Silesian in Belgium, a review, Annales de la Société géologique de Belgique, 106 (2), pp. 241-283.

PFANNKUCH, H.-O., 1990

Elsevier's Dictionary of Environmental Hydrogeology. Elsevier.

POEHLS, D.J. & SMITH, G.J., 2009

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

POTY, E., HANCE, L., LEES, A. & HENNEBERT, M., 2001

Dinantian lithostratigraphic units (Belgium), In: Lithostratigraphic scale of Belgium, Bultynck, P. & Dejonghe, L. (Eds), Geologica Belgica, 4/1-2, pp. 69-94.

QUINIF, Y. ET AL., 1991

Couvin-Nismes, Lapiaz n° 8, Revue de l'Equipe Spéléo du Centre et de Mons, 32 p.

RAOULT, J.-F. & MEILLIEZ, F., 1986

Commentaires sur une coupe structurale de l'Ardenne selon le méridien de Dinant, Ann. Soc. géol. Nord, 105, pp. 97-109.

SOREIL, G., MOURLON, M., SIMOENS, G., DE DORLODOT, H. & DE BROUWER, M., 1908

Carte géologique de la Belgique à l'échelle 1/40 000, n°166, Bioul-Yvoir.

S.P.W. - D.G.O. 3, 2012

Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie. Ed.: Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique. Dépôt légal D/2012/11802/106 - ISBN : 978-2-8056-0111-8.

S.P.W. - D.G.O. 3, 2013

Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie. Ed.: Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique. Dépôt légal D/2013/11802/38.

THORNTHWAITE C.W., MATHER J.R., 1995

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

TIMMERMANS, L., 2012

Etude hydrogéologique de la vallée du Burnot. Travail de fin de baccalauréat en sciences non publié, Université de Namur, Namur.

TOPPER, R, SPRAY, K. L., BELLIS, W. H., HAMILTON, J. L., BARKMANN, P. E., 2003

Ground water atlas of Colorado. Special publication S3-2003. Ed. Cheryl A. Brchan. <http://coloradogeologicalsurvey.org/apps/wateratlas/toc.html>

UNESCO-OMM, 1992

Glossaire International d'Hydrologie. Seconde édition, 413. p.

VAN DEN BROECK, E., MARTEL, E.-A. & RAHIR, E., 1910

Les cavernes et les rivières souterraines de la Belgique, Tome I : les calcaires dévoniens du bassin de Dinant, Bruxelles, 786 p.

WATERLOT, G., BEUGNIES, A. & BINTZ, J., 1973

Guides géologiques régionaux : Ardenne-Luxembourg, Masson & Cie, Paris, 206 p.

WOJDA, P. ; DACHY, M. ; POPESCU, C. ; RUTHY, I. ; GARDIN, N. ; BROUYÈRE, S. ET DASSARGUES, A., 2005

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

RAPPORTS

ECOFOX, 1999

"Prise d'eau de Jambes – Essai de traçage et modélisation dans le cadre de l'étude des zones de prévention" (Ref. S.W.D.E.-953).

BCG, 2006

Bureau Conseil en Géologie SPRL, dossier 06398. C.I.B.E. Captage de Crupet. Détermination des zones de prévention. Campagne de pompage d'essai. www.bcgeol.be.

GEOLYS, 2005

Rapport D211. Suivi et interprétation d'essais de pompage à Durnal.

L.G.I.H., 1989

Etude des potentialités aquifères du calcaire carbonifère de l'Entre Sambre et Meuse, Ministère de l'aménagement du territoire, l'eau et la vie rurale, 180 p.

SWDE, 1996A

Etude hydrogéologique de délimitation des zones de prévention des prises d'eau de Bioul.

SWDE, 1996B

Rapport technique, septembre 1996. Réalisation de sept piézomètres dans le cadre de l'étude des zones de prévention de la prise d'eau de Anhée (Bioul).

XI. ANNEXE 1: LISTE DES ABRÉVIATIONS

A.I.E.M. : Association Intercommunale des Eaux de la Mollignée.

CWEPSS : Commission Wallonne d'Etude et de Protection des Sites Souterrains
<http://www.cwepss.org>

DCENN : Direction des Cours d'Eau Non Navigables

DESO : Direction des Eaux Souterraines.
Avenue Prince de Liège, 15 à 5100 Namur (Jambes)

DGARNE : Service public de Wallonie. Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement. DGO3
Avenue Prince de Liège, 15 à 5100 JAMBES
<http://environnement.wallonie.be/>

I.N.A.S.E.P. : Intercommunale Namuroise de Services Publics
<http://www.inasep.be>

IRM : Institut Royal Météorologique, Section Climatologie.
Avenue Circulaire, 3 à 1180 BRUXELLES
<http://www.meteo.oma.be/IRM-KMI/>

SETHY : Service d'études hydrologiques devenu, après la restructuration en 2008, la Direction générale opérationnelle de la Mobilité et des Voies hydrauliques
<http://voies-hydrauliques.wallonie.be/opencms/opencms/fr/hydro/>

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>

SPW : Service public de Wallonie. Direction générale.
Place de la Wallonie, 1. B-5100 Namur (Jambes).

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

S.W.D.E. : Société Wallonne des Eaux
<http://www.swde.be>

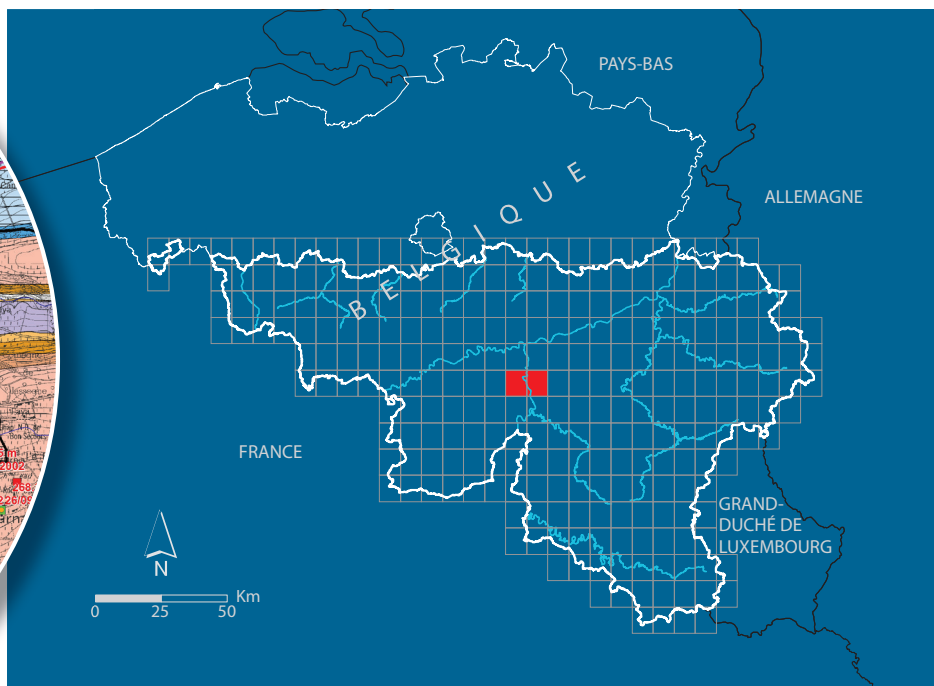
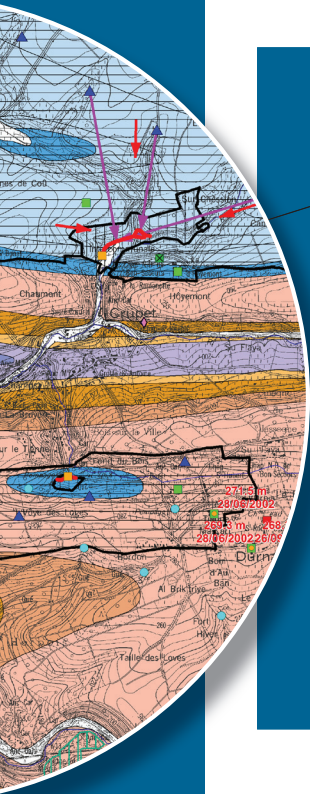
TAC : Titre Alcalimétrique Complet. Le TAC est lié à la concentration en carbonates et en hydrogénocarbonates.

VIVAQUA : Compagnie Intercommunale Bruxelloise des Eaux, anciennement Compagnie intercommunale des Eaux de l'agglomération bruxelloise (C.I.B.E.).
<http://www.vivaqua.be/>

XII. ANNEXE 2 : TABLE DES OUVRAGES CITÉS DANS LA NOTICE

NUMERO	IDRW	CODERW	NOM	TITULAIRE	EXPLOITANT	TYPE	X	Y	PROF
FUNDPN00_2234	2751	5337001	PUITS TERRAIN DE SPORTS	ABBAYE DE MAREDSOUS ASBL	EISCHEN PIERRE	Autre ouvrage	178645	110139	94
FUNDPN00_2244	7032	5344002	CAPTAGE SAINT-VINCENT	FONDATION SAINT VINCENT ASBL	MEUNIER JEAN-LOUIS	Autre ouvrage	188047	114115	110
FUNDPN00_2258	18558	5346012	DORINNE	BINON ALAIN	BINON ALAIN	Autre ouvrage	192661	111884	84
FUNDPN00_2298	4009	5348001	PUITS TRADITIONNEL	BRASSERIE DU BOCQ SA	BERNARD LAMBERT	Autre ouvrage	190957	111299	20
FUNDPN00_2299	6173	5348002	FORAGE TUBE	BRASSERIE DU BOCQ SA	BERNARD LAMBERT	Autre ouvrage	191015	111279	33
FUNDPN00_2117	19563	5338003	FALAEN	WERENNE PIERRE	WERENNE PIERRE	Autre ouvrage	181585	109075	2
FUNDPN00_2249	18007	5346008	DORINNE	BAUDOIN BERNARD	BAUDOIN BERNARD	Autre ouvrage	193425	111630	82
FUNDPN00_2256	18510	5346010	DORINNE	LIBERT ROGER	LIBERT ROGER	Autre ouvrage	193340	111925	7
FUNDPN00_2261	18900	5346013	DORINNE	PAQUET ADRIEN	PAQUET ADRIEN	Autre ouvrage	192860	111710	40
FUNDPN00_3002	18330	4779024	ARBRE	GARIGLIANY DIDIER	GARIGLIANY DIDIER	Autre ouvrage	180774	117003	7
FUNDPN00_2280	2576	5346004	CAPTAGE DE DURNAL	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits sur galerie par gravité	191930	114639	0
FUNDPN00_2242	1029	5343001	CAPTAGE DE CRUPET	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits sur galerie par gravité	192165	116168	0
FUNDPN00_2283	29	5347001	CHAMPALE BATTERIE DE 12 PUIITS	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits des sociétés de distribution	186926	111198	9
FUNDPN00_2217	3751	5333001	LUSTIN MEUSE P 1	SWDE	SWDE	Puits des sociétés de distribution	185900	117285	9
FUNDPN00_2240	5435	5342001	MONT P1	SWDE	SWDE	Puits des sociétés de distribution	189582	116600	0
FUNDPN00_2229	7840	5335007	CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P4	SWDE	SWDE	Puits des sociétés de distribution	181020	113290	28
FUNDPN00_2230	1673	5335008	CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P5	SWDE	SWDE	Puits des sociétés de distribution	181015	113305	44
FUNDPN00_2224	3211	5335001	CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P1	SWDE	SWDE	Puits des sociétés de distribution	181186	113338	36
FUNDPN00_2281	4769	5346005	RUE D'EN HAUT	SWDE	SWDE	Puits des sociétés de distribution	192265	111735	0
FUNDPN00_2282	724	5346007	ROUTE DE DORINNE	SWDE	SWDE	Puits des sociétés de distribution	191390	111595	48
FUNDPN00_2227	3516	5335005	CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P2	SWDE	SWDE	Puits des sociétés de distribution	181184	113339	48
FUNDPN00_2228	5700	5335006	CARRIERE BIOUL-NOIRE TERRE P3	SWDE	SWDE	Puits des sociétés de distribution	181143	113382	65
FUNDPN00_2277	4440	5346001	PUITS DU STADE	SWDE	SWDE	Puits des sociétés de distribution	193307	114335	0
FUNDPN00_2218	1890	5333004	7 MEUSES	SWDE	SWDE	Puits des sociétés de distribution	184970	116095	38
FUNDPN00_2219	4051	5333005	BOIS CASTAGNE	SWDE	SWDE	Puits des sociétés de distribution	183970	116480	0
FUNDPN00_2283	29	5347001	CHAMPALE P10	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits des sociétés de distribution	186693	111342	9
FUNDPN00_2283	29	5347001	CHAMPALE P11	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits des sociétés de distribution	186714	111302	9
FUNDPN00_2283	29	5347001	CHAMPALE P9	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits des sociétés de distribution	186755	111296	9
FUNDPN00_2283	29	5347001	CHAMPALE P12	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits des sociétés de distribution	186751	111272	9
FUNDPN00_2283	29	5347001	CHAMPALE P8	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits des sociétés de distribution	186847	111290	9
FUNDPN00_2283	29	5347001	CHAMPALE P7	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits des sociétés de distribution	186900	111266	9
FUNDPN00_2283	29	5347001	CHAMPALE P6	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits des sociétés de distribution	186949	111231	9
FUNDPN00_2283	29	5347001	CHAMPALE P5	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits des sociétés de distribution	186995	111192	9
FUNDPN00_2283	29	5347001	CHAMPALE P4 (HS)	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits des sociétés de distribution	187040	111159	9

NUMERO	IDRW	CODERW	NOM	TITULAIRE	EXPLOITANT	TYPE	X	Y	PROF
FUNDPN00_2283	29	5347001	CHAMPALE P3	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits des sociétés de distribution	187017	111071	9
FUNDPN00_2283	29	5347001	CHAMPALE P2 (HS)	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits des sociétés de distribution	187054	111060	9
FUNDPN00_2283	29	5347001	CHAMPALE P1	VIVAQUA	VIVAQUA	Puits des sociétés de distribution	187121	111014	9
FUNDPN00_2212	4205	5331001	PIEZO 5 ETUDE E-S-M	SWDE	SWDE	Piézomètre	178675	116111	65
FUNDPN00_2222	7619	5334001	PIEZO 4 ETUDE E-S-M	SWDE	SWDE	Piézomètre	178882	113092	46
FUNDPN00_2303	0	5330003	Grand Fond Pz3	SWDE	SWDE	Piézomètre	180000	113357	40
FUNDPN00_2307	0	5330007	Au Cherimont Pz7	SWDE	SWDE	Piézomètre	180386	113314	50
FUNDPN00_2302	0	5330002	Chapelle du Saint-Sang Pz2	SWDE	SWDE	Piézomètre	179804	113600	76
FUNDPN00_2305	0	5330005	Le Mont Sablière Pz5	SWDE	SWDE	Piézomètre	180955	113092	62
FUNDPN00_2304	0	5330004	Noire Terre Pz4	SWDE	SWDE	Piézomètre	180894	113264	52
FUNDPN00_2301	0	5330001	Grand Tilleul Pz1	SWDE	SWDE	Piézomètre	179566	113701	70
FUNDPN02_31948	0	0	Vivaqua Crupet PZ1	VIVAQUA	VIVAQUA	Piézomètre	192543	117042	50
FUNDPN02_31949	0	0	Vivaqua Maillen PZ2	VIVAQUA	VIVAQUA	Piézomètre	191093	116609	55
FUNDPN02_31950	0	0	Vivaqua Maillen Mostenne PZ3	VIVAQUA	VIVAQUA	Piézomètre	191609	117687	48
FUNDPN02_31951	0	0	Vivaqua Maillen Daout PZ4	VIVAQUA	VIVAQUA	Piézomètre	192078	117311	39
FUNDPN02_31952	0	0	Vivaqua Courrière PZ5	VIVAQUA	VIVAQUA	Piézomètre	193538	117892	43
FUNDPN02_31955	0	0	Vivaqua Durnal 1 (PTD 01)	VIVAQUA	VIVAQUA	Piézomètre	191588	114370	49
FUNDPN02_31956	0	0	Vivaqua Durnal 2 (PTD 02)	VIVAQUA	VIVAQUA	Piézomètre	192076	114506	57
FUNDPN02_31957	0	0	Vivaqua Durnal 3 (PTD 03)	VIVAQUA	VIVAQUA	Piézomètre	192737	114746	55
FUNDPN00_2278	6594	5346002	RUE DE LA FONTAINE	SWDE	SWDE	Source	193110	111705	/
FUNDPN00_2276	0	0	SOURCE BOCQ	SWDE	SWDE	Source	191120	112375	/
FUNDPN00_2235	0	0	CAPTAGE DE CHERTIN	A.I.E.M.	A.I.E.M.	Source	178730	108485	/
FUNDPN00_2236	0	0	CAPTAGE DE SALET	A.I.E.M.	A.I.E.M.	Source	182929	111289	/
FUNDPN00_2231	0	0	FONTENY	ASS. INT. DES EAUX DE LA MOLIGNEE	A.I.E.M.	Source	183204	114707	/
FUNDPN00_2225	0	0	CAPTAGE DE WARNANT	A.I.E.M.	A.I.E.M.	Source	182551	112589	/
FUNDPN00_2216	0	0	RAVERDIE	ASS. INT. DES EAUX DE LA MOLIGNEE	A.I.E.M.	Source	181156	115655	/
FUNDPN02_31815	8134	0	Arbre E1	SWDE	SWDE	Source	180819	116727	/
FUNDPN00_2310	0	0	Source Emergence 1	INCONNU	INCONNU	Source	180084	113561	/
FUNDPN00_2371	0	0	Source n°8	INCONNU	INCONNU	Source	190960	114240	/
FUNDPN00_2374	0	0	Source n°7	INCONNU	INCONNU	Source	192040	114145	/
FUNDPN03_65785	0	0	Vilaine Source			Source	182915	117437	/
FUNDPN03_65786	0	0	Résurgence de l'Ecluse			Source	185945	116698	/
DIXSOU00_174637	44613	5331004	ARBRE			Source	180609	116656	/



SPW | *Éditions, CARTES*

Dépôt légal : D/2015/12.796/12 – ISBN : 978-2-8056-0191-0

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

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