

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 Andenne - Couthuin



ANDENNE - COUTHUIN

48/1-2

Florence **GOFFINET**, Ingrid **RUTHY**, Emilie **CESAR**, Alain **DASSARGUES**

Université de Liège
Sart-Tilman - Bâtiment B52 B-4000 Liège (Belgique)



NOTICE EXPLICATIVE

2014

Première version : Juin 2010
Actualisation partielle : Janvier 2014

Dépôt légal – **D/2014/12.796/5** - ISBN : **978-2-8056- 0151-4**

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

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

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

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS	4
I. INTRODUCTION	6
II. CADRES GEOGRAPHIQUE, HYDROGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET PEDOLOGIQUE	7
III. CADRE GEOLOGIQUE	15
III.1 CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL	15
III.2 CADRE GEOLOGIQUE DE LA CARTE	17
III.2.1 <i>Cadre lithostratigraphique</i>	17
III.2.1.1 Formations du Paléozoïque	18
III.2.1.1.1 Silurien	18
III.2.1.1.2 Dévonien	18
III.2.1.1.3 Carbonifère	20
III.2.1.2 Formations du Mésozoïque	21
III.2.1.2.1 Crétacé	21
III.2.1.3 Formations du Cénozoïque	22
III.2.1.3.1 Oligocène (Paléogène)	22
III.2.1.3.2 Quaternaire	22
III.2.2 <i>Cadre structural</i>	23
III.2.3 <i>Filons métallifères Fer-Plomb-Zinc</i>	25
III.2.4 <i>Carrières</i>	28
IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE	30
IV.1 DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES	31
IV.1.1 <i>Unités hydrogéologiques du Cambro-Silurien</i>	31
IV.1.1.1 Aquiclude du socle cambro-silurien	31
IV.1.2 <i>Unités hydrogéologiques du Dévonien</i>	32
IV.1.2.1 Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	32
IV.1.2.2 Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur	32
IV.1.2.3 Aquitard de l'Eifelien	32
IV.1.2.4 Aquifère des calcaires du Givetien	32
IV.1.2.5 Aquiclude du Frasnien	32
IV.1.2.6 Aquifère des calcaires du Frasnien	33
IV.1.2.7 Aquiclude du Famennien	33
IV.1.2.8 Aquifère des grès du Famennien	33
IV.1.3 <i>Unités hydrogéologiques du Carbonifère</i>	33
IV.1.3.1 Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien	33
IV.1.3.2 Aquifère des calcaires du Carbonifère	34
IV.1.3.3 Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller	34

IV.1.4	<i>Unités hydrogéologiques du Crétacé</i>	35
IV.1.4.1	<i>Aquiclude des marnes du Campanien</i>	35
IV.1.5	<i>Unités hydrogéologiques du Cénozoïque</i>	35
IV.1.5.1	<i>Aquifère des sables de remplissage (Paléogène)</i>	35
IV.1.5.2	<i>Aquitard limoneux (Quaternaire)</i>	35
IV.1.5.3	<i>Aquifère alluvial (Quaternaire)</i>	35
IV.2	DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE DE LA CARTE	37
IV.2.1	<i>Aquifère alluvial de la Meuse</i>	37
IV.2.2	<i>Aquifère des calcaires du Carbonifère</i>	44
IV.2.2.1	<i>Synclinal de Couthuin</i>	48
IV.2.2.2	<i>Calcaires du bord de Meuse</i>	50
IV.2.2.3	<i>Anticlinal de Bonneville</i>	59
IV.2.2.4	<i>Phénomènes karstiques</i>	61
IV.2.3	<i>Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller</i>	64
IV.2.4	<i>Aquifère des sables de remplissage</i>	65
IV.2.5	<i>Coupes hydrogéologiques</i>	66
IV.2.6	<i>Piézométrie de la carte Andenne-Couthuin</i>	66
IV.2.7	<i>Caractère libre, semi-captif, captif des nappes</i>	68
V.	CADRE HYDROCHIMIQUE	69
V.1	CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX	72
V.1.1	<i>Aquifère alluvial de la Meuse</i>	72
V.1.2	<i>Aquifère des calcaires du Carbonifère</i>	74
V.1.3	<i>Autre unités hydrogéologiques</i>	75
V.2	PROBLEMATIQUE DES NITRATES	76
V.3	QUALITE BACTERIOLOGIQUE	80
V.4	PESTICIDES	81
V.5	SITES POLLUES PAR LES METAUX LOURDS ET AUTRES	82
VI.	EXPLOITATION DES AQUIFERES	88
VI.1	<i>AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE</i>	89
VI.2	<i>AQUIFERE DES CALCAIRES DU CARBONIFERE</i>	91
VI.3	<i>AUTRES UNITES HYDROGEOLOGIQUES</i>	94
VII.	PARAMETRES D'ECOULEMENT ET DE TRANSPORT	95
VII.1	<i>AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE</i>	95
VII.1	<i>AQUIFERE DES CALCAIRES DU CARBONIFERE</i>	96

VIII.	ZONES DE PROTECTION	100
VIII.1	CADRE LEGAL	100
VIII.2	ZONE DE PREVENTION DU CAPTAGE DE BAS-OHA (SWDE)	102
VIII.3	ZONE DE PREVENTION DU CAPTAGE DE SEILLES (SWDE)	103
VIII.4	ZONE DE PREVENTION DU PUIITS DUMONT (SWDE°)	103
VIII.5	ZONE DE PREVENTION DU CAPTAGE DE GEMINE (VIVAQUA)	104
VIII.6	AUTRES ZONES DE PREVENTION	104
IX.	METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE	107
IX.1	ORIGINES DES INFORMATIONS	107
IX.1.1	<i>Données géologiques et connexes</i>	107
IX.1.2	<i>Données météorologiques et hydrologiques</i>	108
IX.1.3	<i>Données hydrogéologiques</i>	108
IX.1.3.1	Localisation des ouvrages	108
IX.1.3.2	Données piézométriques	109
IX.1.4	<i>Données hydrochimiques et test sur les puits</i>	110
IX.1.5	<i>Autres données</i>	110
IX.2	BASE DE DONNEES HYDROGEOLOGIQUES	110
IX.3	POSTER DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE	111
IX.3.1	<i>Carte hydrogéologique principale</i>	111
IX.3.2	<i>Carte des informations complémentaires et des caractères des nappes</i>	112
IX.3.3	<i>Carte des volumes d'eau prélevés</i>	113
IX.3.4	<i>Tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie'</i>	113
IX.3.5	<i>Coupes hydrogéologiques</i>	113
X.	BIBLIOGRAPHIE	114
	ANNEXE 1 : LISTE DES ABREVIATIONS DES INSTITUTIONS ET ORGANISMES	119
	ANNEXE 2 : TABLE DES ILLUSTRATIONS ET DES TABLEAUX	121
	ANNEXE 3 : CARTE DE LOCALISATION	124
	ANNEXE 4 : COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE	125

AVANT-PROPOS

La réalisation de la carte hydrogéologique Andenne-Couthuin 48/1-2 s'inscrit dans le cadre du programme de cartographie des ressources en eau souterraine de Wallonie, financé par le Service Public de Wallonie (DGARNE-DGO3). Cette carte hydrogéologique a été réalisée par l'unité 'Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement' du secteur GEO³ du département ArGEnCo de l'Université de Liège. Le projet a été supervisé par le professeur Alain Dassargues et la carte réalisée par Florence Goffinet et Ingrid Ruthy. La première version de cette carte date de mai 2010¹. L'actualisation de cette carte a été réalisée en 2013 par Emilie César et Ingrid Ruthy. Elle prend en compte les données disponibles dans la base de données "BD-Hydro" (outil de travail commun aux équipes universitaires et à l'administration wallonne (DGARNE)). Ainsi les données concernées sont les zones de prévention, les volumes prélevés, les nouveaux ouvrages déclarés, des données piézométriques nouvelles encodées dans la base de données. Une collecte exhaustive de données complémentaires n'a pas été menée.

Collaborent au projet 'Carte hydrogéologique de Wallonie' l'Université de Mons (UMons, anciennement FPMs), les Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur (UNamur) et l'Université de Liège (ULg) dont le site ULg-Arlon.

La carte hydrogéologique et la base de données associée sont basées sur un maximum d'informations géologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques disponibles auprès de divers organismes. Elle a pour objectif d'informer, dans la limite de la carte, de l'extension, de la géométrie et des caractéristiques hydrogéologiques, hydrodynamiques et hydrochimiques des nappes aquifères, toutes personnes, sociétés ou institutions concernées par la gestion tant quantitative que qualitative des ressources en eaux.

Les auteurs de la carte hydrogéologique remercient tous les bureaux d'études actifs dans le domaine de l'environnement qui nous ont fourni des données, les carrières (Carmeuse, Lhoist et les Dolomies de Marche-les-Dames), les sociétés de distribution publique d'eau (SWDE et VIVAQUA), la SPAQuE ainsi que les bureaux d'études actifs dans le domaine environnemental. Nous remercions aussi tous les particuliers et industries qui nous ont permis de visiter leur prise d'eau et d'y faire quelques mesures, lors de la première édition de la carte hydrogéologique. Pour leur relecture attentive et constructive de la carte et de la notice, nous remercions aussi Ludovic Capette (UNamur) et David Gaule (AQUALE). Merci également à Frédéric Boulvain (professeur, Géologie, ULg) pour sa relecture de la notice et particulièrement le chapitre consacré à la géologie.

¹ Goffinet, F, Ruthy I. & Dassargues A. (2010). Carte hydrogéologique de Wallonie, Andenne-Couthuin, 48/1-2. 1:25000. 1^o version. Namur, Service Public de Wallonie, Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement, 1 notice explicative de 100 p. + annexes

Par un choix délibéré, toute superposition outrancière d'informations conduisant à réduire la lisibilité de la carte a été évitée. Ainsi, le poster de la carte hydrogéologique de Wallonie est composé d'une carte principale au 1/25.000 et de deux cartes thématiques (1/50.000): "Volumes d'eau prélevés" et "Informations complémentaires et caractère des nappes". Sur le poster, on retrouve aussi la coupe hydrogéologique et le tableau litho-stratigraphique.

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 d'Andenne-Couthuin est située entre les villes de Namur et de Huy. Elle est traversée d'ouest en est par la Meuse (figure I.1).

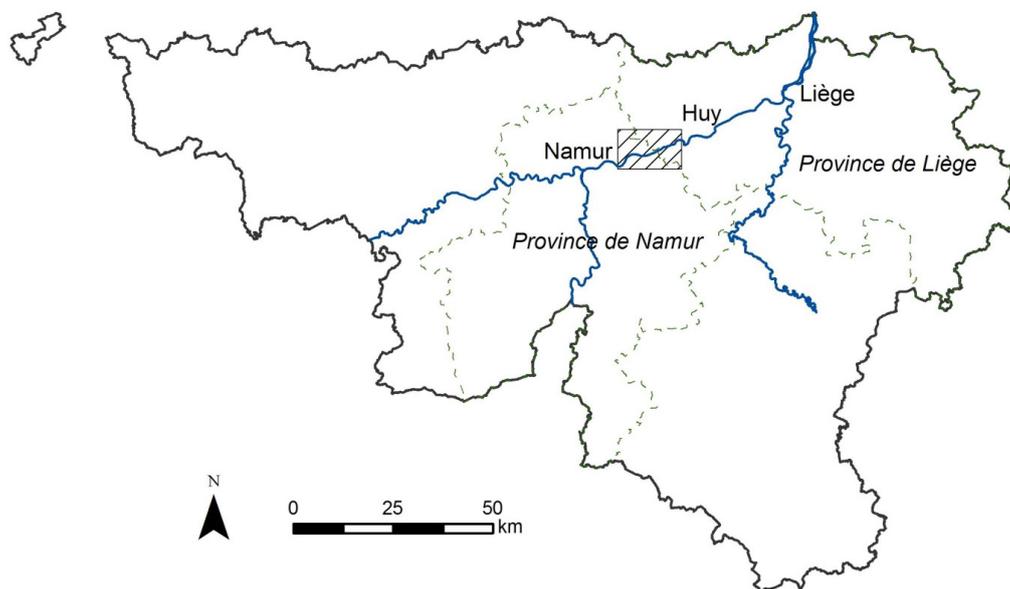


Figure I.1: Localisation de la carte Andenne-Couthuin en Wallonie

Au niveau du territoire couvert par cette carte, l'aquifère alluvial de la Meuse représente l'aquifère le plus exploité suivi de l'aquifère des calcaires du Carbonifère. Les formations schisto-gréseuses du Houiller présentent aussi localement quelques potentialités aquifères. Enfin, bien que les aquifères des calcaires du Dévonien et des grès du Famennien soient peu étendus dans la région d'Andenne-Couthuin, ils présentent des potentialités aquifères intéressantes.

Ces différents niveaux aquifères sont exploités par de nombreux agriculteurs et particuliers ainsi que par des industries. Il faut mentionner en particulier l'exhaure nécessaire à l'activité extractive des carrières. D'importants volumes sont également prélevés pour la distribution publique d'eau afin d'approvisionner la région d'Andenne (SWDE) mais également la région bruxelloise (VIVAQUA).

La notice explicative est structurée comme suit. Le cadre géographique, géomorphologique et hydrographique de la carte est présenté (chapitre II). Ensuite, la géologie est présentée dans le contexte régional puis local (description de chaque unité stratigraphique présente sur la carte). Le cadre structural est également abordé (chapitre III). Le cadre hydrogéologique est exposé et les unités hydrogéologiques détaillées (chapitre IV). D'autres aspects comme l'hydrochimie (chapitre V), l'exploitation des aquifères (chapitre VI), les paramètres hydrodynamiques (chapitre VII) et les zones de protection (chapitre VIII) sont également discutés. La notice se clôture par l'exposé de la méthodologie utilisée pour la construction de la carte (chapitre IX).

II. CADRES GEOGRAPHIQUE, HYDROGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET PEDOLOGIQUE

La région est partagée entre la Province de Namur et la Province de Liège (figure I.1). La carte couvre en partie le territoire des communes d'Héron, de Wanze, de Huy et de Marchin en Province de Liège et, d'Andenne, de Fernelmont et d'Ohey en Province de Namur. Au nord, la région est traversée par un important axe de communication : l'autoroute E42 Mons-Namur-Liège.

La carte d'Andenne-Couthuin est divisée en deux par la Meuse. On distingue trois ensembles paysagers² différents (figure II.1) (Droeven et *al.*, 2004).

- On retrouve, au nord du sillon mosan, le bas plateau de la Hesbaye namuroise qui présente un relief assez plat, légèrement modulé par le réseau hydrographique de la Meuse et de la Burdinale. Il s'élève au plus à 200 m aux bordures de la Meuse. La région est peu boisée et propice aux labours.
- Au sud, se trouve le moyen plateau du Condroz namurois. Celui-ci s'élève aux environs de 300 m et est caractérisé par un découpage morphologique, orienté OSO-ENE, lié à la structure géologique de la zone. Son relief présente une alternance de crêtes gréseuses (appelées "tiges") et de dépressions creusées dans le calcaire (appelées "chavées"), bien que la topographie du Condroz dans la région d'Andenne-Couthuin reste relativement plane. A l'inverse du bas-plateau de Hesbaye, les étendues boisées sont majoritaires par rapport aux cultures et aux prairies.
- Le troisième ensemble paysager est caractérisé par une physionomie paysagère imposée par la Meuse (ensemble Mosan). Il sépare donc le bas plateau de Hesbaye du moyen plateau du Condroz. Le paysage est incisé par la Meuse et ses affluents. La Meuse a ainsi creusé une tranchée, d'une centaine de mètres plus bas que les reliefs qui la bordent, qui s'évase à partir de Huy. L'ensemble Mosan est divisé en deux territoires, la vallée de la Meuse moyenne et la bordure du plateau de Hesbaye. La vallée de la Meuse moyenne est définie par des abrupts rocheux et des versants boisés. Elle est marquée par les nombreuses carrières qui la bordent entre Namur et Huy. En bordure du bas plateau de Hesbaye, les cours d'eau, affluents directs de la Meuse, incisent les versants. Le paysage est boisé sur les versants et laisse place aux terres de labours dans les vallées creusées.

² 76 territoires paysagers regroupés en 13 ensembles sont distingués en Wallonie. Une carte de ces territoires paysagers, accompagnée d'une notice explicative, est disponible auprès du SPW. Les références complètes de cette publication (Droeven *et al.*, 2004) sont données au chapitre XI.

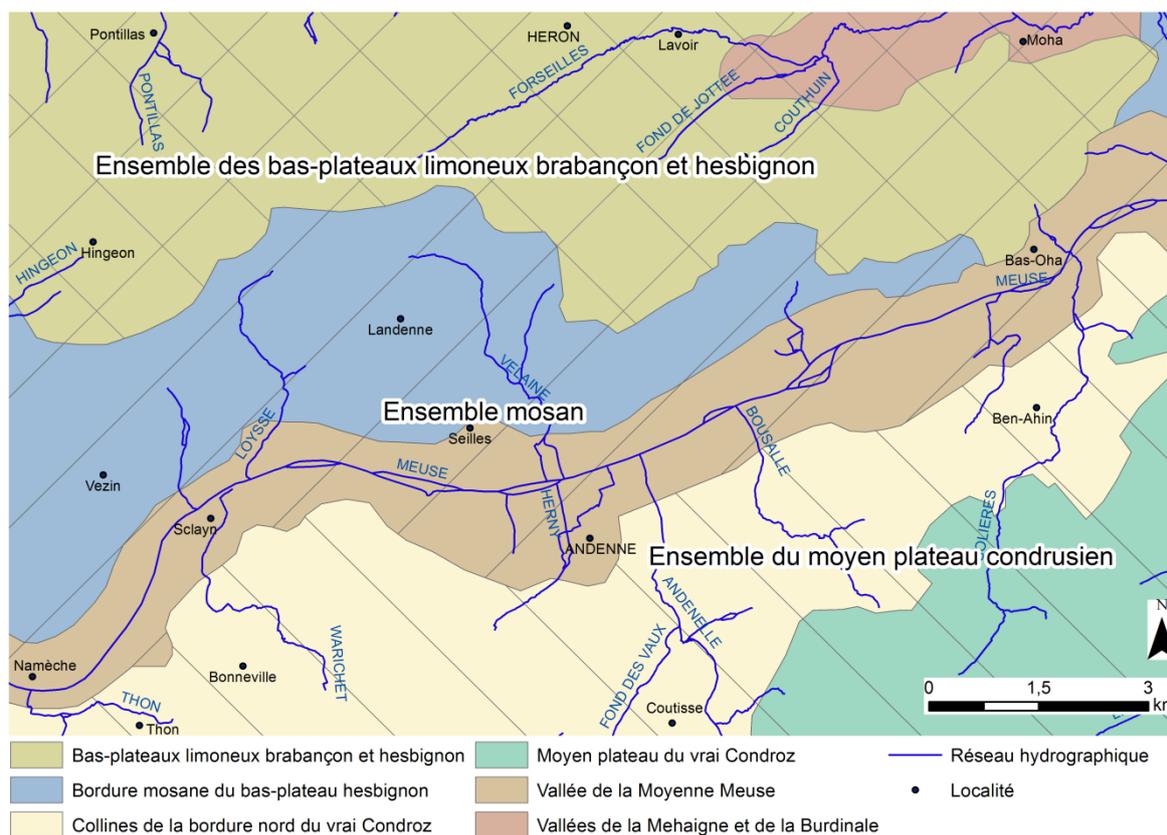


Figure II.1: Territoires paysagers de la carte Andenne-Couthuin

Globalement, le relief de la région est faiblement vallonné et assez bien marqué par les cours d'eau de la région (figure II.2). Les altitudes sont comprises entre 80 m au niveau de la Meuse et 265 m (à Pierpont au SE de la carte).

Le réseau hydrographique majeur a une orientation OSO-ENE et le réseau secondaire s'écoule principalement selon une direction SSE-NNO. La région couverte par cette carte appartient au district hydrographique de la Meuse. On distingue cependant plusieurs bassins-versants (figure II.2).

Les principaux bassins-versants sont, par ordre d'importance :

- Le bassin-versant de la Meuse proprement dit occupe 69 % de la superficie de la carte. La Meuse traverse la carte d'ouest en est. Ses affluents principaux dans la région sont la Meuse, le Hoyoux et le Samson. Sur la carte, on distingue des affluents de la Meuse de moyenne importance dont l'Andennelle, la Solière, la Bousalle, la Velaine et la Loysse. Ces ruisseaux creusent généralement des vallées assez bien ramifiées et profondément encaissées. Au nord de la Meuse, ces ruisseaux prennent leurs sources au niveau des formations "schisteuses" du Silurien et possèdent un caractère infiltrant lors de leur passage au niveau des formations carbonatées du Dévonien et du Carbonifère.

- Le bassin-versant de la Mehaigne, au nord, occupe 25 % de la planche étudiée. Cette rivière rejoint la Meuse 2 km en amont de Huy (à l'est de la carte).
- Le bassin-versant de la Soile occupe 6 % de la superficie de la carte, au nord-ouest. La Soile constitue un affluent de la Mehaigne. Elle rejoint cette dernière à Ambresin au nord de la carte.
- Le bassin-versant du Hoyoux, à l'est, occupe 3% de la superficie de la carte. Le Hoyoux se jette dans la Meuse à Huy.
- Le bassin-versant du Samson, s'étend sur une surface représentant seulement 2% de la carte. Le Samson rejoint la Meuse à Maizeret. L'un de ses principaux affluents est le Thon.
- Enfin, le bassin-versant de la Rhée occupe 1 % de la carte, à l'est du bassin-versant de la Soile, son affluent.

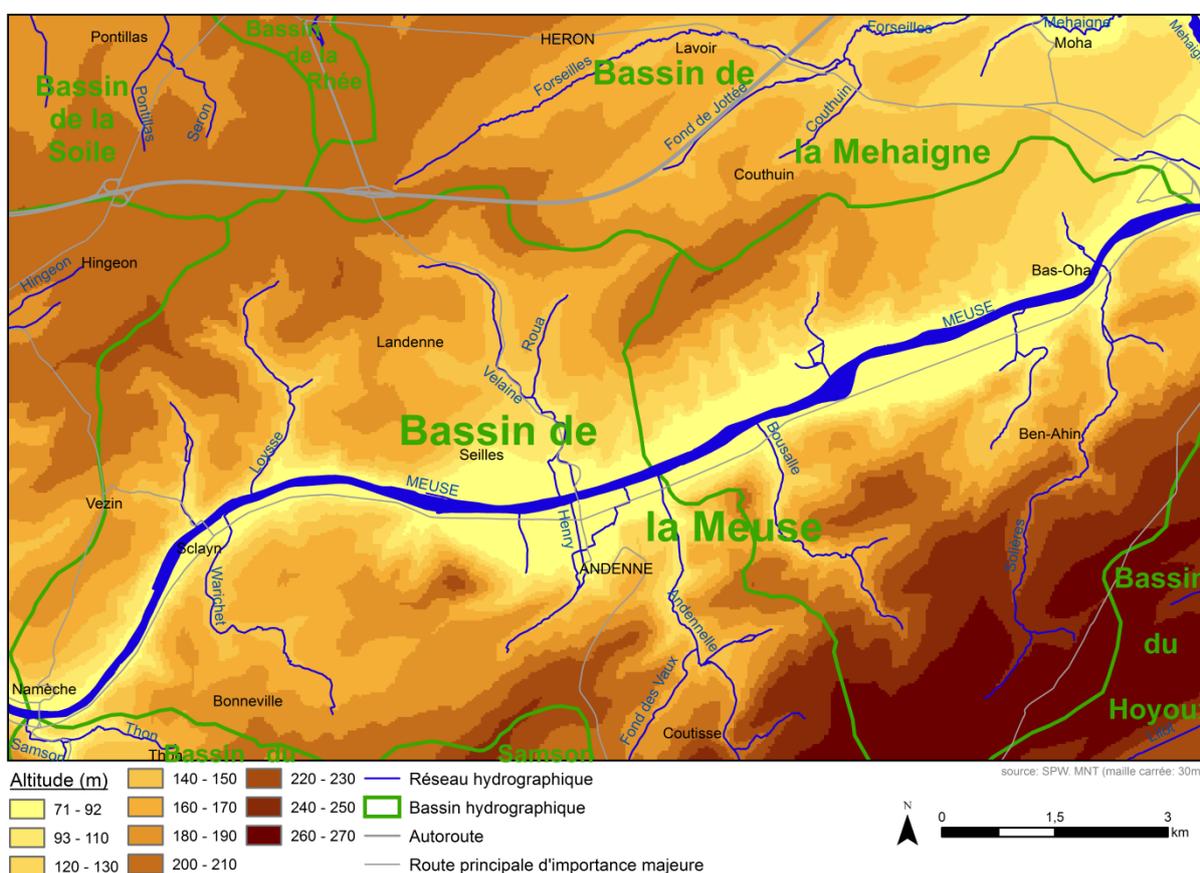


Figure II.2: Relief, réseau hydrographique et bassins-versants de la carte d'Andenne-Couthuin

La carte présentée à la figure II.4 expose l'occupation du sol de la région. Ces données sont extraites de la carte numérique de l'occupation du sol wallon³. On constate que les territoires agricoles occupent la majeure partie de la superficie de la carte (58,7 %) (figure II.3). Cette catégorie est elle-même subdivisée en plusieurs affectations (Tableau II.1).

Tableau II.1: Répartition détaillée de l'occupation du sol – Territoires agricoles

Territoires agricoles	
Terres arables (terrains qui peuvent être en jachère, cultivés ou labourés)	65,0 %
Surfaces enherbées (prairies permanentes)	32,9 %
Cultures permanentes (principalement des vergers)	1,20%
Fiches agricoles	0,90%

Le paysage agricole est donc dominé par les terres arables (cultures sarclées ou non sarclées) et les prairies. Les zones boisées viennent en seconde position et se localisent principalement dans la vallée de la Meuse. De même, les territoires artificialisés sont majoritairement concentrés sur les rives de la Meuse dans la plaine. Ils se composent de zones résidentielles, d'espaces d'activité économique et de carrières (respectivement 8,2 %, 3,1 % et 4,7 % de la superficie de la carte). L'habitat est caractérisé par une dispersion de petits villages rayonnants autour des pôles importants que représentent Namur, Andenne et Huy. Les carrières et les principaux espaces d'activité économique sont pratiquement tous situés sur les rives de la Meuse. On compte une petite dizaine de carrières localisées dans la région et on y extrait principalement du calcaire ou de la dolomie (figure III.5). La classe "Non cadastré" reprend les berges de la Meuse, les voiries et les espaces associés. On distingue d'ailleurs aisément le tracé de l'autoroute E42 et celui de la Meuse.

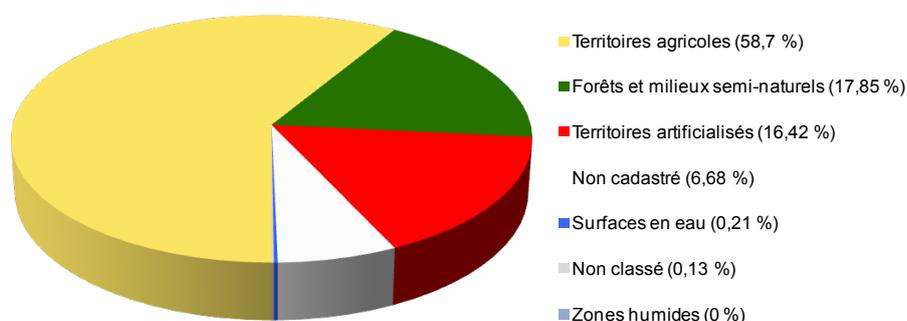
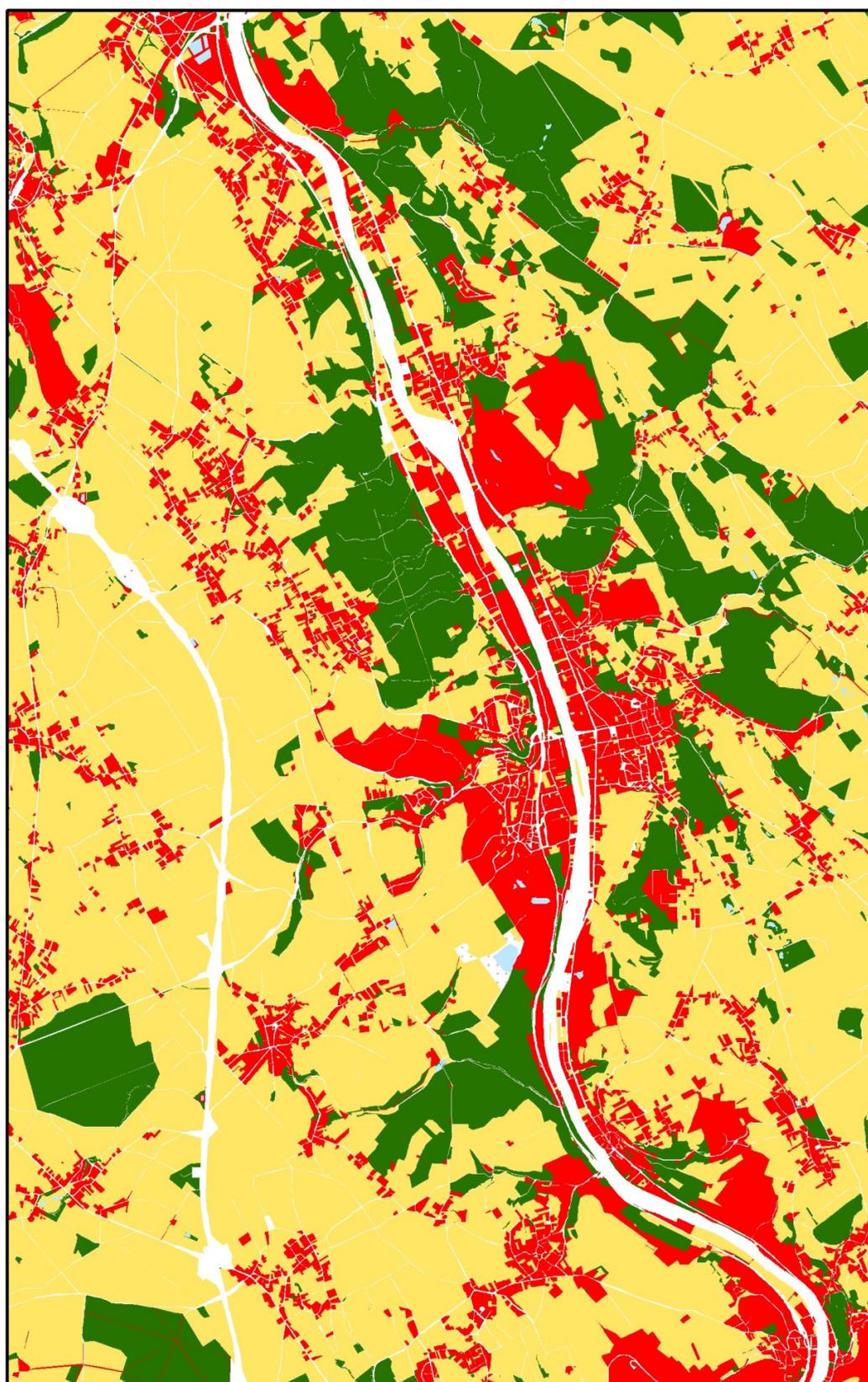


Figure II.3: Répartition de l'occupation du sol (Source : PCNOSW (GW VIII/2005/doc.1022/28.04/B.L.)(GDA, SPW). Couverture de la carte)

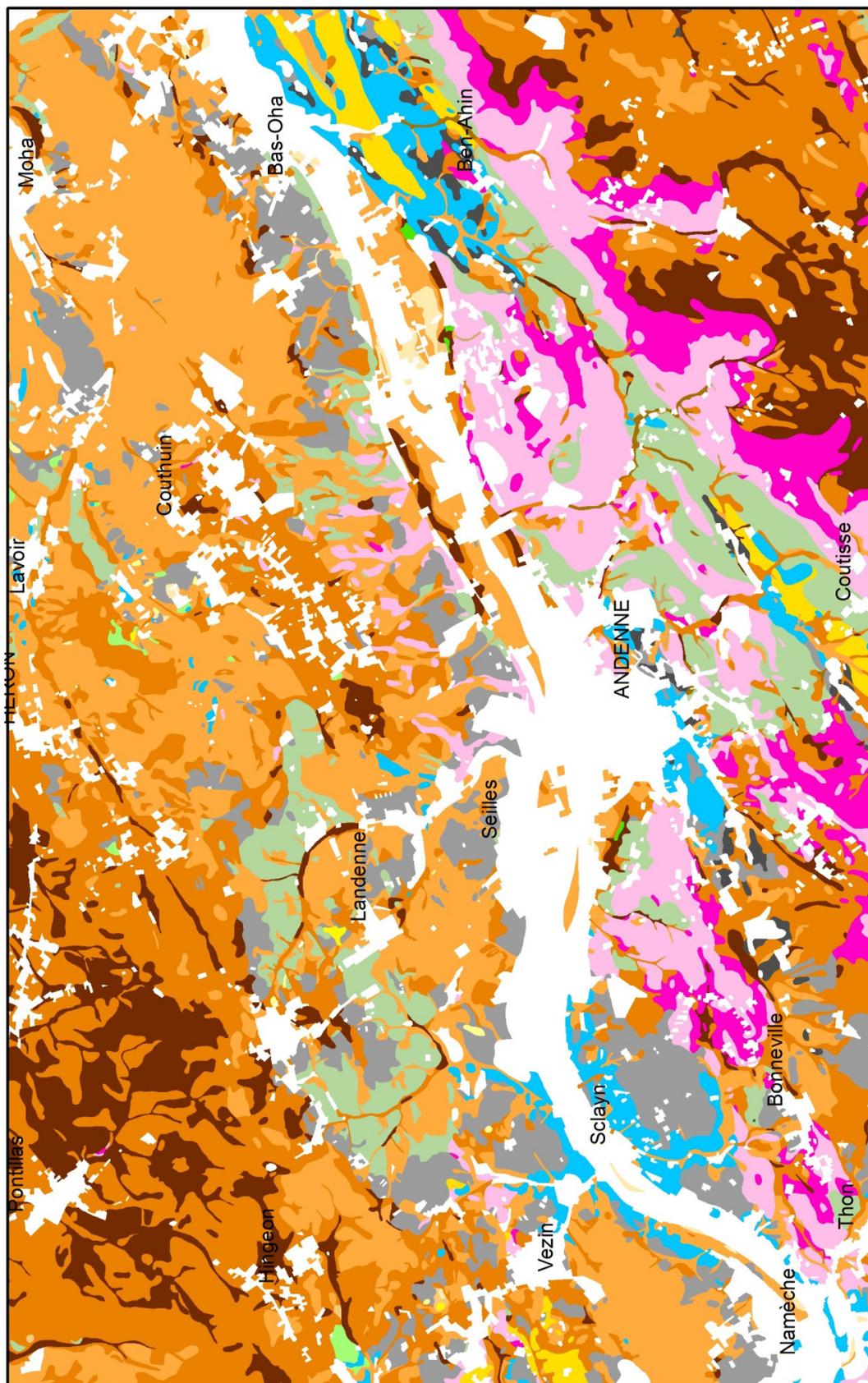
³ La carte de l'Occupation du sol en Wallonie (COSW) est dressée au 1/10 000. Elle est basée sur les données cartographiques vectorielles à la Région Wallonne. La couche de base est le PLI (Plan de Localisation Informatique – 1/10 000). On peut considérer en effet qu'il couvre l'ensemble du territoire régional, même si une partie de ce dernier n'est pas cadastré (5% du territoire Wallon). Pour plus d'information: <http://cartographie.wallonie.be>.

La répartition des différents types de sols dans la région d'Andenne-Couthuin est présentée à la figure II.5. Cette carte des sols reflète la complexité de la géologie de la région étudiée. De nombreux types de sols y sont répertoriés avec un morcellement parfois important. La nature des sols est, par essence, liée au substrat qui les forme. Ainsi, on retrouve les grandes structures géologiques, orientées OSO-ENE, qui caractérisent la région. La majorité des sols de la carte étudiée sont des sols limoneux, limono-caillouteux, sablo-limoneux ou argileux. La nature de la charge est alors directement liée à la roche mère. Ainsi, au-dessus des formations du Carbonifère, la charge est calcaire alors que sur les formations du Dévonien supérieur, la charge est plutôt gréseuse ou schisto-gréseuse. Un autre paramètre qualifiant le sol est l'état du drainage naturel, également lié à la lithologie sous-jacente. Sur le territoire de la carte d'Andenne-Couthuin, le drainage naturel est principalement favorable à modéré. La catégorie "sols artificiels ou non cartographiés" occupe environ 18 % de la superficie de la région. Cette classe comprend principalement les zones bâties, le réseau hydrographique et les infrastructures de transport.



(Source : PCNOSW (GW VIII/2005/doc.1022/28.04/B.L.)(GDA, SPW). Couverture Wallonie)

Figure II.4: Occupation du sol de la carte d'Andenne-Couthuin



(Source : PCNSW (GW VIII/2007/doc.58.12/12.07/B.L. & GW VIII/2000/doc. 1331/07.12/JH)(GDA, SPW).
Couverture: Wallonie)

Figure II.5: Types de sols pour le territoire de la carte d'Andenne-Couthuin

-  Sols sableux ou limono-sableux à drainage naturel excessif ou légèrement excessif (0.04%)
-  Sols sableux ou limono-sableux à drainage naturel principalement modéré ou imparfait (0.03%)
-  Sols sablo-limoneux à drainage naturel principalement favorable (0.25%)
-  Sols sablo-limoneux à drainage naturel principalement modéré ou imparfait (0.03%)
-  Sols limoneux à drainage naturel favorable (20.8%)
-  Sols limoneux à drainage naturel modéré ou imparfait (23.29%)
-  Sols limoneux à drainage naturel assez pauvre à très pauvre (7.62%)
-  Sols argileux à drainage naturel favorable à imparfait (0.15%)
-  Sols argileux à drainage naturel assez pauvre à très pauvre (0.03%)
-  Sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel favorable (0.07%)
-  Sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel principalement modéré à assez pauvre (0.11%)
-  Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel favorable (7.67%)
-  Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel modéré à assez pauvre (3.75%)
-  Sols limono-caillouteux à charge schisteuse et à drainage naturel principalement favorable (6.07%)
-  Sols limono-caillouteux à charge psammitique ou schisto-psammitique et à drainage naturel principalement favorable (1.17%)
-  Sols limono-caillouteux à charge calcaire ou contenant du calcaire et à drainage naturel quasi-exclusivement favorable (2.93%)
-  Sols limono-caillouteux à charge de silixite ou de gravier ou de conglomérat et à drainage naturel principalement favorable (7.46%)
-  Regroupement de complexes de sols de textures différentes ou sur fortes pentes et de sols de fonds de vallons limoneux ou rocailleux (0.61%)
- Sols artificiels ou non cartographiés (17.94%)

III. CADRE GEOLOGIQUE

III.1 CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL

Les formations situées sur la carte d'Andenne-Couthuin appartiennent à trois grandes unités géologiques de la Wallonie : le Parautochtone Brabançon au nord-ouest et au centre, les Ecailles Haine-Sambre-Meuse et le flanc nord de l'Allochtone ardennais au sud-est (figures III.1, III.2 et III.3).

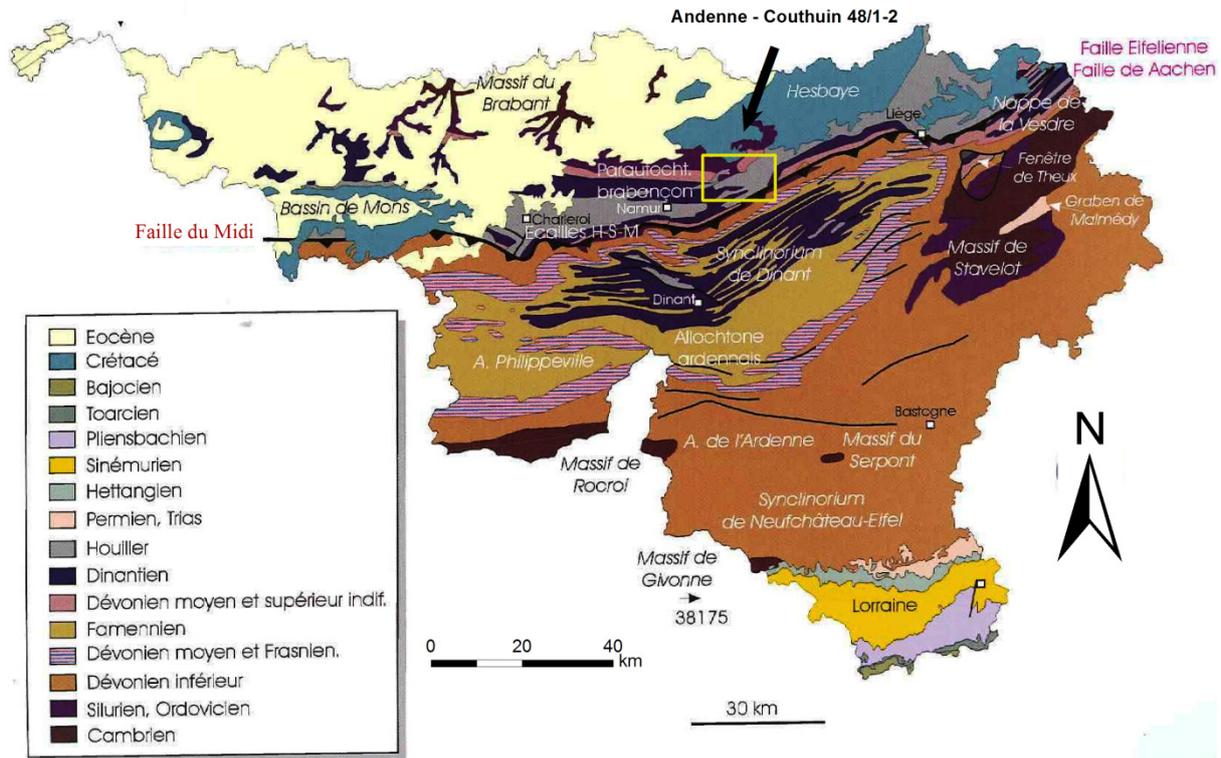


Figure III.1: Localisation de la carte d'Andenne-Couthuin sur la carte géologique de Wallonie (Boulvain & Pingot, 2011, modifié)

Le socle du Massif du Brabant, au nord-ouest, est recouvert de sables, de sables argileux et d'argiles (dont la "smectite" de Herve) qui se sont déposés en discordance au Méso-Cénozoïque. Le socle n'apparaît à l'affleurement que dans les vallées qui entaillent sa bordure méridionale (ex : vallée de la Meuse). Les couches du Cambro-Ordovico-silurien sont limitées au sud par la faille Bordière (localement, appelée Faille de Landenne). Le socle a été fortement plissé et fracturé lors du cycle orogénique calédonien, puis largement érodé.

Au sud, le socle du Massif du Brabant s'enfonce sous les terrains de la couverture dévono-carbonifère du Massif du Brabant (formant la bordure septentrionale de l'ancien "Synclinorium de Namur") (Belanger et al, 2012). La partie centrale de ce "Synclinorium de Namur", maintenant appelé "Parautochtone brabançon" est jalonnée par les bassins houillers de l'axe Haine-Sambre-Meuse. Son allure générale est asymétrique et déversée vers le nord avec un flanc nord d'allure monoclinale et un flanc sud en position inverse,

haché par des failles satellites de la faille du Midi/Eifélienne. Près d'Andenne, des formations dinantiennes (Carbonifère inférieur) sont exposées.

Les formations du Silurien et de l'Ordovicien, qui ont été déformées une première fois lors de l'orogénèse calédonienne à la fin du Silurien et une seconde fois lors de l'orogénèse varisque, constituent les couches de la Bande ordovico-silurienne du Condroz (ou Bande calédonienne du Condroz). Celle-ci est découpée par des failles qui permettent de considérer la Faille du Midi/Eifélienne comme un seul accident tectonique majeur. La Bande ordovico-silurienne du Condroz a une largeur n'excédant pas 1 km.

Dans le Condroz, le Synclinorium de Dinant, au sud-est de la carte Andenne-Courthuin, est constitué de manière caractéristique par une succession d'anticlinaux à noyau famennien et de synclinaux à cœur carbonifère. Ces formations dévono-carbonifères ont été plissées et faillées lors de l'orogénèse varisque, à la fin du Westphalien. Lors de cette phase orogénique, le Synclinorium de Dinant a été charrié vers le nord par le jeu de la Faille du Midi. Le Synclinorium de Dinant est limité au sud par l'Anticlinorium de l'Ardenne.

Après pénéplanation, tous ces terrains ont été recouverts par des dépôts sédimentaires formant la couverture méso-cénozoïque tabulaire dont seuls quelques lambeaux occupent les sommets ou remplissent les poches karstiques dans les calcaires (Boulvain & Pingot, 2011).

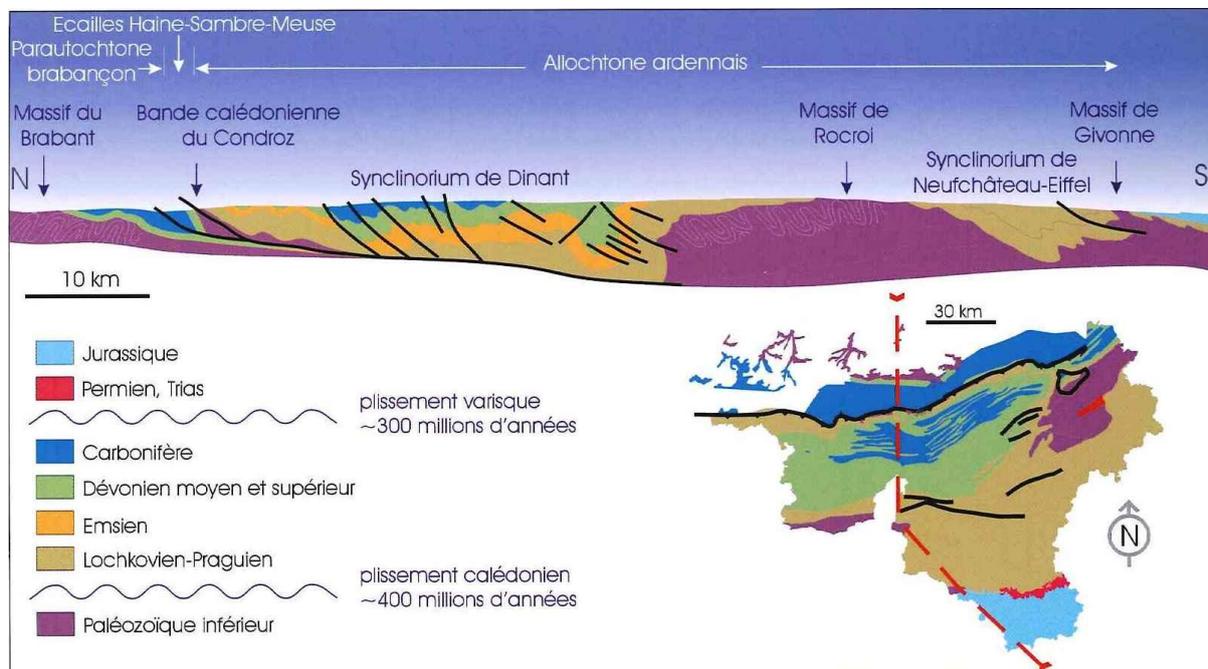


Figure III.2: Coupe schématique nord-sud des grandes entités géologiques en Wallonie (Boulvain & Pingot, 2011)

III.2 CADRE GEOLOGIQUE DE LA CARTE

III.2.1 Cadre lithostratigraphique

La description des formations géologiques fait référence à la carte géologique n°145 Andenne-Couthuin dressée au 1/40 000 par Stainier (1901). Cette carte, digitalisée par nos soins, est utilisée comme document de référence pour la carte hydrogéologique. Pour cette dernière, les formations ont été regroupées ou subdivisées en unités hydrogéologiques selon leurs caractéristiques hydrodynamiques.

Rappelons que depuis 1901, l'échelle stratigraphique et le découpage des unités lithologiques ont changé. La terminologie utilisée actuellement ne correspond donc plus nécessairement à celle utilisée en 1901. A l'époque, la subdivision en assises correspondait à un découpage basé sur la biostratigraphie et le chronostratigraphie alors qu'aujourd'hui, les nouvelles cartes géologiques se basent sur la lithostratigraphie. Plus d'informations sur la nouvelle échelle stratigraphique de Belgique peuvent être trouvées dans Bultynck & Dejonghe (2001). De plus, une redéfinition des unités structurales du front varisque peut être trouvée dans Belanger *et al.* (2012).

En outre, certains termes, anciens et locaux, ne sont plus très usités dans la terminologie actuelle (Dejonghe, 2007) :

- *Psammite* : mot utilisé jadis en Belgique pour désigner des grès micacés largement employés en construction. La forte proportion de paillettes de micas, disposés en lits parallèles, leur confère une aptitude à se débiter en feuillets.
- *Schiste* : roche argileuse de la classe des lutites⁴, consolidée, ayant pris une schistosité.

Notons que le mot schiste a souvent été employé en français dans le sens de shale.

Les terrains consolidés rencontrés dans la région d'Andenne-Couthuin datent du Silurien au Crétacé. Le socle paléozoïque affleure sur la majorité de la carte, seule une petite partie du Massif du Brabant est recouvert par les formations du Crétacé (Mésozoïque). Ensuite, ces formations sont surmontées localement par des terrains meubles tels que les sables du Cénozoïque, les alluvions modernes et, de façon générale par les limons quaternaires. Les unités géologiques sont décrites des plus anciennes aux plus jeunes.

⁴ Lutites: ensemble des roches sédimentaires détritiques dont les éléments sont de diamètre inférieur à 1/16 mm (62,5 µm)

III.2.1.1 Formations du Paléozoïque

III.2.1.1.1 Silurien

Le Silurien inférieur (*Sl1b*) est constitué principalement de schistes noirâtres, grisâtres et jaunâtres avec des alternances de bancs d'arkose. On observe aussi la présence de nodules quartzeux ferrugineux. Il affleure sur la bande ordovico-silurienne du Condroz au niveau de la Faille de Bousalle et de la Faille du Midi/Eifélienne.

Le Silurien supérieur (*Sl2b*) se compose de schistes gris, bleuâtres, parfois calcaireux, gris, jaunâtres ou brunâtres par altération et affleure sur une grande partie de la superficie de la carte appartenant au Massif du Brabant au nord-ouest de la Faille de Landenne et sur la bande ordovico-silurienne du Condroz.

Le Silurien peut atteindre dans le Massif du Brabant une épaisseur de 3,5 km.

III.2.1.1.2 Dévonien

Les roches du Dévonien affleurant sur la carte Andenne-Couthuin sont représentatives de presque tous les étages du système, soit du Gedinnien (ancien nom pour le Lochkovien) au Famennien. Les terrains du Dévonien affleurent presque sans discontinuité au niveau du Synclinorium de Dinant. Dans le Parautochtone brabançon, seuls le Dévonien moyen et supérieur (de l'Eifélien au Famennien) sont représentés et affleurent par endroits. Les formations du Dévonien inférieur constituent à cet endroit un hiatus stratigraphique important.

Lochkovien (anciennement Gedinnien)

Le Gedinnien est constitué de l'unité correspondant à l'arkose de Dave et au poudingue d'Ombret (*Ga*). Vient ensuite l'unité *Gbd* formée des schistes (shales) verdâtres de Fooz avec nodules calcaires. Ces nodules, dissous à l'affleurement, donnent une apparence cariée aux bancs. Ensemble, ces terrains constituent la formation de Fooz. L'épaisseur de ces terrains approche 200 m dans la bordure nord du Synclinorium de Dinant.

Praquien (anciennement Coblencien)

En premier lieu, se trouve la Formation du Bois d'Ausse (*Cb1*) essentiellement constituée de grès gris, beiges à l'affleurement et à ciment siliceux. Deux carrières ont exploité ce grès par le passé à Coutisse, comme en témoignent de nombreuses habitations. Ensuite vient la Formation d'Acoz caractérisée par des schistes rouges et des grès roses (*Cb2*). Enfin, la Formation de Wépion, qui clôture l'étage, est constituée de grès avec des schistes (shales) gris-bleu (*Cb3*). La Formation du Bois d'Ausse, à dominance gréseuse, est d'une épaisseur

comprise entre 100 et 300 m. Les Formations d'Acoz et de Wépion totalisent chacune une épaisseur de 300 m environ.

Emsien (anciennement Burnotien)

La Formation de Burnot (*Bt*) comporte des grès rouges intercalés de bancs de schistes rouges et de conglomérats à ciment rouge. Son épaisseur varie de 350 à 500 m.

Eifelien (anciennement Couvinien)

La Formation de Rivière (*Coa*) forme l'Eifelien et est constituée de poudingues (poudingues de Tailfer), de schistes rouges, de grès micacés (anciennement appelées "psammites") et de grès calcaires localement décalcifiés et des calcaires argileux. Cette formation, peu épaisse, ne dépasse pas 50 m d'épaisseur.

Givetien

L'étage Givetien (*Gvb*) est formé, au bord sud du Parautochtone brabançon ainsi qu'au bord nord du Synclinorium de Dinant, de calcaires et de schistes de la Formation de Nèvreumont, ainsi que de dolomies et calcaires gréseux de la Formation de Roux. Au nord de la Faille de Landenne, on retrouve la Formation du Bois de Bordeaux, avec les roches rouges de Mazy et les calcaires d'Alvaux (siltites et paléosol) et un niveau de poudingue à la base. L'épaisseur de ces terrains est d'environ 70 à 80 m dans le bassin de Namur⁵. Elle fait le double en bordure nord du Synclinorium de Dinant.

Frasnien

Le Frasnien est constitué de calcaires encadrés par des niveaux schisteux à la base et au sommet. La base du Frasnien comprend les assises *Fra* et *Frbm* qui se caractérisent par des schistes surmontés de calcaires et dolomies (*Frb*). Ces sous-unités correspondent à la Formation de Bovesse. La Formation de Rhisnes surmonte la précédente de calcaires nodulaires avec un membre médian constitué de calcaires plus purs (*Frc*) et de la dolomie (*Frdy*). Le Frasnien s'achève avec les schistes de la Formation de Franc-Waret (*Frd*). Les formations schisteuses du Frasnien sont de faible épaisseur, alors que l'épaisseur des assises calcaires peut varier de 100 à 180 m. Mis ensemble, les terrains du Frasnien n'excèdent pas une épaisseur de 200 m.

⁵ Les épaisseurs renseignées pour le Synclinorium de Namur restent les mêmes en bordure méridionale du Massif du Brabant pour les terrains allant du Givetien au Viséen.

Famennien

Le Famennien est subdivisé en trois formations. A la base, on distingue la Formation de la Famenne (*Fa1b*, *Assise de Mariembourg*) qui est caractérisée par des schistes violacés contenant des grès micacés. Un niveau oligiste oolithique dit de "Vezin" est différencié par endroits. Au-dessus, vient la Formation de Montfort (*Fa2b*) constituée de grès micacés rouges vers le haut et stratoïdes vers le bas avec des niveaux parfois très fossilifères. La Formation d'Evieux (*Fa2c*) termine le Famennien avec des calcaires, grès calcaires, schistes (shales) et siltites. Le Famennien est épais d'environ 250 m dans le Parautochtone brabançon et de 300 à 350 m sur la bordure nord du Synclinorium de Dinant.

Il est à noter que la Formation d'Esneux (*Fa1c*), comprise entre les formations *Fa1b* et *Fa2b* n'est pas distinguée sur la carte Andenne-Couthuin bien qu'elle ait été identifiée sur la carte voisine à l'est (Huy-Nandrin).

III.2.1.1.3 Carbonifère

Sur la carte d'Andenne-Couthuin, le système Carbonifère est divisé en deux grandes sous-unités: les calcaires du Carbonifère (Dinantien, comprenant le Tournaisien et le Viséen) et le groupe schisto-gréseux du Houiller. Les calcaires et dolomies du Carbonifère sont présents sur les zones dénommées: couverture dévono-carbonifère du massif du Bravant et lambeaux tectoniques (figure III.3). Dans ces formations se trouvent les carrières d'extraction de calcaires et de dolomies de la région d'Andenne-Couthuin. Les calcaires du Carbonifère sont présents sur une épaisseur pouvant varier de 400 à 600 m.

Tournaisien

Le Tournaisien commence avec la Formation d'Hastière (*T1y*) qui comporte des dolomies et des calcaires à crinoïdes, avec localement présence de calcschistes. La Formation d'Engihoul (*T2*) succède à celle de Hastière et est caractérisée par des calcaires et dolomies à crinoïdes. L'épaisseur totale de ces deux formations est de 50 m. La présence des shales *T1b* (dit du "Pont d'Arcole" dans la nouvelle nomenclature) n'a pas été démontrée dans la région. Cependant, cette formation est reconnue comme présente sur les cartes voisines mais pas toujours cartographiée (son épaisseur étant, parfois, trop faible).

Viséen

Le Groupe de Namur se compose des Formations dolomitisées de Longpré, Terwagne et Neffe (*V1by*). Ensuite, on retrouve un niveau de calcaires à grains cristallins et calcaires oolithiques (*V2a*), des dolomies (*V2ay*) et un niveau de brèches calcaires (*V2ax*) à la base desquels s'observe la Formation de Lives, composée de calcaires noirs (*V2b*) comprenant des cherts et de dolomies (*V2by*). Enfin, les Formations des Grands Malades et du Hoyoux

comprennent des grandes brèches calcaires (V2cx) et des calcaires à *Productus giganteus* (V2c).

Houiller

Les formations appartenant au Groupe du Houiller affleurent entre la Faille de Landenne et la Faille de Bousalle principalement.

Avec le Houiller, on revient à des formations schisto-gréseuses. Le Houiller inférieur est caractérisé par trois niveaux différents. Le premier niveau est composé de phtanites⁶, schistes siliceux et ampélites alunifères (H1a). Il est suivi par un niveau de grès feldspathique ("arkose"), de grès micacés, de schistes et de houille maigre (H1b). Du poudingue et de l'arkose constituent le dernier niveau du Houiller inférieur (H1c). Ces niveaux caractérisent la Formation de Chokier.

Le Houiller moyen (H2) est composé de la Formation d'Andenne recouvrant la Formation de Chokier. Elle est constituée de grès, grès micacés, schistes (shales) et de houilles variées.

Le Houiller supérieur est absent de la carte. L'épaisseur du Houiller dans la région étudiée est d'une centaine de mètres maximum bien que celui-ci peut atteindre des épaisseurs bien plus importantes dans le bassin liégeois ou dans le Hainaut.

III.2.1.2 Formations du Mésozoïque

Le Mésozoïque est constitué par des terrains tabulaires déposés en discordance sur les terrains du Paléozoïque. Dans la région d'Andenne-Couthuin, un seul système est représenté, celui du Crétacé supérieur. Il affleure au nord de la carte, sur le Massif du Brabant.

III.2.1.2.1 Crétacé

Campanien

Cet étage est représenté par la Formation de Vaals, constituée d'argiles glauconifères et de cailloutis (Cp2, parfois surnommée Smectite de Herve). On distingue par endroit un faciès d'altération composé de silex (Cp2sx). Son épaisseur, qui croît vers le nord-est, ne fait que quelques mètres dans la région d'Andenne-Couthuin.

⁶ Roche sédimentaire siliceuse et argileuse, montrant parfois quelques radiolaires, à cassure finement esquilleuse, opaque, grise à noire, essentiellement formée de quartz en très petits cristaux moulés les uns aux autres, avec quelques zones d'opales. Surtout connues dans les séries antécambriennes et paléozoïques, ces roches sont stratifiées régulièrement, en bancs centimétriques à décimétriques, en alternances avec des schistes (Foucault & Raoult, 1999).

III.2.1.3 Formations du Cénozoïque

III.2.1.3.1 Oligocène (Paléogène)

Les dépôts inférieurs marins sont caractérisés par de fins sables micacés (*Om*) et les dépôts supérieurs continentaux sont constitués de gros blocs isolés de grès blanc (*Ong*), d'amas de cailloux blancs parfois oolithiques (*Onx*) ou encore localement, d'argiles plastiques (*Ona*). Ces dépôts dont l'épaisseur est très variable peuvent atteindre quelques dizaines de mètres par endroit. Ils sont généralement localisés dans les poches de dissolution des calcaires sous-jacents.

III.2.1.3.2 Quaternaire

D'après la carte géologique de 1901, le Quaternaire se divise en deux périodes distinctes : le Quaternaire inférieur (autrefois nommé Diluvien) et le Quaternaire supérieur (ou Moderne). Les formations du Quaternaire inférieur consistent en des dépôts anciens formés de galets, de graviers, de sables, d'argiles, de limons formant les terrasses (non cartographiées sur la carte géologique).

Les alluvions modernes (*Alm*) du Quaternaire supérieur sont très hétérogènes et constituées de graviers, de sable, et d'argiles déposés au fond des vallées par les cours d'eau. La présence de tufs calcaires est également localement observée (*tf*). La plaine alluviale de la Meuse dans la région d'Andenne-Couthuin est assez importante et peut atteindre 1200 m de large à certains endroits. L'épaisseur des alluvions est généralement comprise entre 5 et 15 m, ceux-ci comprennent des limons fluviatiles d'épaisseur variable (entre 3 et 8 m) surmontant des sables et graviers d'une puissance de 2 à 10 m.

La structure des dépôts de la plaine alluviale de la Meuse est typique d'une rivière périglaciaire à lit anastomosé, avec des îlots de graviers, des chenaux fluviatiles et des bras remblayés du fleuve. Ces nombreuses variations du faciès de la couche graveleuse, comprise entre le bed-rock, généralement peu perméable, et les limons fluviatiles, très peu perméables, vont jouer un rôle hydrogéologique non négligeable, dont il sera question dans le chapitre consacré à l'hydrogéologie régionale.

Les formations quaternaires sont aussi représentées par le loess (limon d'origine éolienne). Leur épaisseur est très variable (de quelques décimètres à plusieurs mètres). Des sondages indiquent des épaisseurs dépassant souvent 15 m. Elle est également moins importante sur les versants que sur les plateaux.

III.2.2 Cadre structural

Le cadre tectonique de la région d'Andenne-Couthuin est relativement complexe. Les terrains de la carte peuvent être divisés en plusieurs unités structurales différentes: à partir du nord, on observe successivement la bordure sud du Massif du Brabant, la couverture dévono-carbonifère du Massif du Brabant, les lambeaux tectoniques dévono-carbonifères, la bande ordovico-silurienne du Condroz et le flanc nord du Synclinorium de Dinant (figure III.3) (Boulvain et Pingot, 2011; Belanger et al, 2012). Ces différentes unités ont été plissées et fracturées lors des cycles orogéniques calédonien et/ou varisque. La majorité des plis ont une direction moyenne OSO-ENE et sont déjetés à déversés vers le nord.

A une échelle plus petite, trois ensembles principaux se dégagent: le socle du Brabant et le Parautochtone brabançon regroupant le Massif du Brabant et les couches peu déformées de sa couverture dévono-carbonifère, les Ecailles Haine-Sambre-Meuse, constituée d'une imbrication de lambeaux tectoniques et l'Allochtone ardennais, incluant le Synclinorium de Dinant.

Le Massif du Brabant a été plissé lors de l'orogénèse calédonienne puis a été largement érodé. Son socle paléozoïque est composé de terrains datant du Cambrien au Silurien. Il est séparé de la couverture dévono-carbonifère (Parautochtone brabançon) par la Faille Bordière (localement appelée, Faille de Landenne). Cette faille décrochante délimite la butée septentrionale contre laquelle s'enfonce le Massif du Brabant sous les terrains dévono-carbonifères. Le Massif du Brabant n'a que légèrement été affecté par l'orogénèse varisque.

Les lambeaux tectoniques (Ecailles Haine-Sambre-Meuse) comprennent des terrains dévono-carbonifères. Ils ont été fortement plissés lors de l'orogénèse varisque et sont presque partout déversés vers le nord et sont hachés de failles longitudinales en relation avec le plissement et de failles satellites de la faille Midi/Eifélienne (voir figure III.1). On note d'ailleurs la présence de la faille de Bousalle sur la carte d'Andenne-Couthuin. Cette faille de charriage est responsable du raccourcissement des terrains carbonifères observés au nord-est.

La Bande ordovico-silurienne du Condroz a subi une première phase de déformation calédonienne et une seconde phase varisque. Elle est parcourue de failles longitudinales dont la faille du Midi/Eifélienne (non représentée sur la carte de 1901). Cette faille de charriage est responsable de la translation vers le nord du Synclinorium de Dinant et de l'Ardenne et représente la limite septentrionale du charriage de l'allochtone ardennais sur les Ecailles Haine-Sambre-Meuse. Cet accident aurait concentré les effets de la déformation et expliquerait l'asymétrie marquée dans l'âge des terrains discordants au nord et au sud de la Bande calédonienne du Condroz.

Au sud-est, le Synclinorium de Dinant est constitué, entre autres, de terrains du Dévonien inférieur. La partie centrale et septentrionale du Synclinorium sont caractérisées par des plis droits voire légèrement déversés suite au plissement varisque.

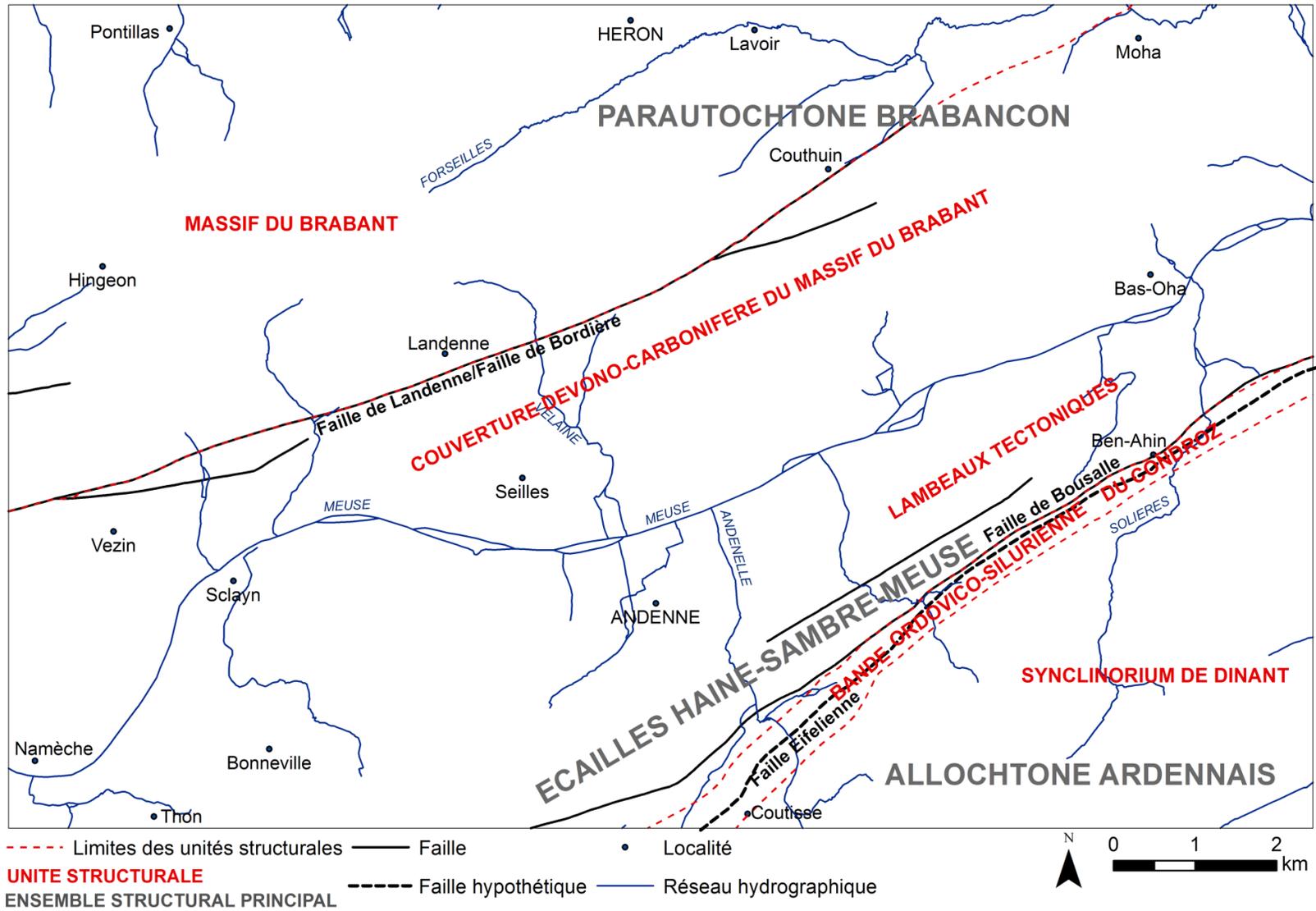


Figure III.3: Esquisse du cadre structural de la zone de la carte d'Andenne-Couthuin

III.2.3 Filons métallifères Fer-Plomb-Zinc

Le réseau conséquent de failles et de phénomènes karstiques dans la région sont propices au développement des filons et poches de minéralisation de Fe-Pb-Zn observés dans la région et exploités par l'industrie minière par le passé. Des minéralisations de manganèse sont aussi présentes par endroits. Ces minéralisations vont jouer un rôle non négligeable dans la qualité des eaux souterraines en contact avec celles-ci.

Les gisements sont principalement situés dans les milieux carbonatés c'est-à-dire dans les calcaires du Carbonifère et du Dévonien (Frasnien et Givetien). On dénombre une cinquantaine de gisements dans la région dont plusieurs reconnus sur des longueurs de 500 à 1500 mètres. L'exploitation de ces gisements date du Moyen Age jusqu'à la fin du 19^{ème} siècle.

Les gisements Fe-Pb-Zn de la région d'Andenne consistent en des filons auxquels se sont greffés des amas. Les filons sont bien développés essentiellement dans les roches carbonatées. Ils se prolongent parfois dans les roches détritiques voisines des calcaires (par exemple dans le Houiller) mais en diminuant fortement d'épaisseur, en s'effilochant et en disparaissant progressivement. Les amas épousent la forme de lentilles aux contours irréguliers développées à des contacts lithostratigraphiques ou tectoniques. Les contacts tectoniques sont localisés essentiellement au voisinage de la Faille de Landenne mais les minéralisations y étaient très peu développées. Certains amas en forme de poches très évasées correspondent soit à des "chapeaux de fer" soit à des paléokarsts d'origine météorique. Les amas de karstification étaient remplis de matériel déritique au sein duquel apparaissaient des minerais oxydés de zinc ou de plomb. Les chapeaux de fer étaient composés de limonite parfois pyriteuse d'une teneur de 35 % à 50 % de fer. En profondeur, la section de ces amas se rétrécissait pour passer à des filons à remplissage de sulfures dont les concentrations représentaient un intérêt économique. Ces gisements appartiennent à la catégorie des gisements hydrothermaux de basse température de type "vallée du Mississippi" (Dejonghe, 2009).

Lors de l'exploitation des gisements, les mineurs ont connu beaucoup de problèmes d'exhaure (venues d'eau de 500 à 1200 m³/h) ce qui a engendré le creusement d'un grand nombre de galeries de dénoyage. De plus, avec le rétrécissement et l'appauvrissement des filons en profondeur, les exploitations étaient souvent assez vite abandonnées en profondeur.

Les eaux souterraines issues des formations carbonatées sont donc susceptibles de se charger au contact de ces filons en zinc, plomb et fer et peuvent donc dans certains cas nécessiter des traitements adéquats en vue de leur potabilisation.

Le tableau III.1 suivant reprend les caractéristiques des différents gisements plombo-zincifères de la région d'Andenne.

Tableau III.1: Caractéristiques des différents gisements plombo-zincifères de la région d'Andenne – Couthuin (d'après Dejonghe, 2009)

Nom	Minerai	Profondeur max	Concession	Exhaure
Thiamont (Andenelle)	ZnCO ₃ , PbCO ₃ , PbS, ZnS	110	1827-1926	oui
Coucouphalie	ZnS, PbS, FeS ₂		1849-1924	
Fond de jottée et Marsinne	PbS, Limonite		1830-	
Haies Monet	ZnCO ₃ , PbCO ₃ , PbS, ZnS	140	1848-1924	oui
Chant d'oiseau	ZnCO ₃ , PbCO ₃ , PbS, ZnS, FeS ₂	>70	1854-1924	oui
Lavoir	PbCO ₃ , PbS, ZnS	70	1857-1925	
Lovegnée	ZnCO ₃ , ZnS		1857-1924	oui
Moha	PbCO ₃ , PbS	37	1848-	
Roua	ZnCO ₃ , PbCO ₃ , PbS, ZnS, FeS ₂	120	1862-1925	
Sarts	PbS	66	1853-	oui
Sclermont	ZnCO ₃ , PbS, FeS ₂		1857-1925	
Sissoule	PbS, limonite	35		
Velaine	ZnCO ₃ , ZnS, PbS, FeS ₂		1848-1925	
Malheurs et Hourkinette	ZnCO ₃	<20	1863-	
Pierre-Mont	ZnS, PbS		1858-	
Fosseroule	PbS	25		
Ste Barbe et sarts Marie	ZnCO ₃ , PbCO ₃ , PbS, ZnS, FeS ₂		1851-1926	

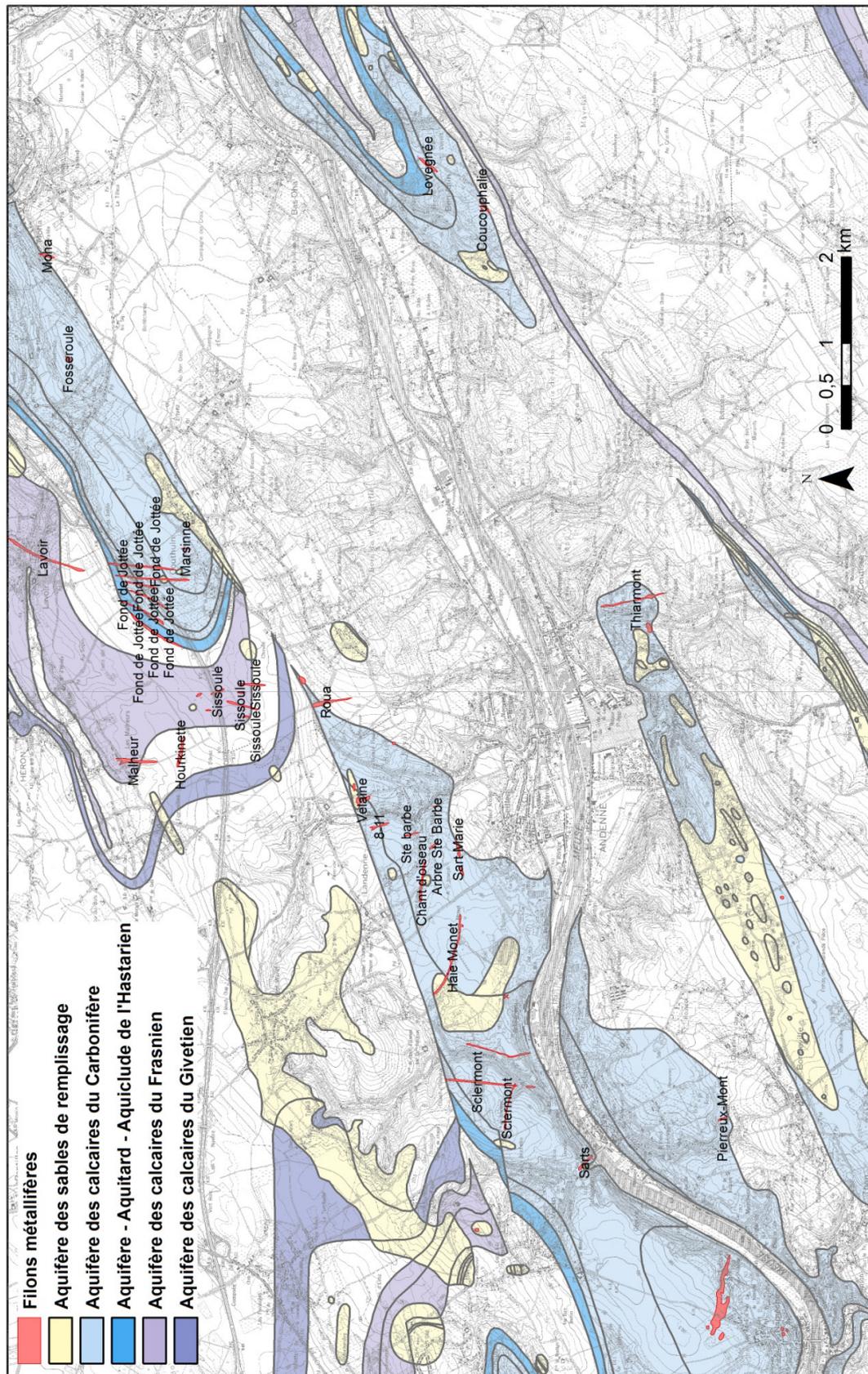


Figure III.4: Filons plombo-zincifères et ferreux de la carte d'Andenne-Couthuin

III.2.4 Carrières

Dans la région d'Andenne-Couthuin, des activités d'extraction importantes ont été entreprises que ce soit pour le calcaire et la dolomie ou, anciennement, pour les filons métallifères de la région (voir chapitre III.2.3). A l'heure actuelle, quelques carrières sont encore en exploitation dont certaines de grande envergure.

La figure III.5 présente les sites encore en exploitation ainsi que les sites récemment abandonnés. Ces carrières exploitent principalement les calcaires et dolomies du Carbonifère. La carrière de Rieudotte, cependant, est une carrière de grès namuriens.

Parmi les carrières encore en activité, quatre d'entre elles représentent de grosses exploitations. Il s'agit des carrières de Seilles, de Moha, de Marchempré et de Marche-les-Dames. Toutes nécessitent une exhaure à l'exception de la carrière de Marchempré.

L'exhaure moyenne annuelle entre 2007 et 2011 était de 2 178 000 m³ pour la carrière de Seilles, de 10 558 000 m³ pour la carrière de Marche-les-Dames⁷ et de 70 000 m³ pour la carrière de Moha. De même, les cotes actuelles de fond de fosse sont de 33,5 m pour la carrière de Marche-les-Dames et de 110 m pour la carrière de Marchempré. Pour la carrière de Seilles, seule la cote minimale que la fosse peut atteindre a été communiquée et vaut 65 m. La cote de fond de la carrière de Moha n'a pas été communiquée.

En activité, les carrières dont la cote de fond est plus basse que le niveau piézométrique de la nappe, ont des effets non négligeables sur l'écoulement des eaux souterraines. En effet, les carrières rabattent la nappe et drainent les eaux souterraines. Après l'activité, les fosses des carrières représentent des zones où l'infiltration peut être importante et directe dans l'aquifère, constituant ainsi des zones particulièrement vulnérables à d'éventuelles contaminations de surface. Il ne faut donc pas négliger cet aspect vu que la fin de l'exhaure correspond aussi à la fin du rabattement artificiel de la nappe des calcaires du Carbonifère.

L'hydrogéologie de l'aquifère des calcaires du Carbonifère aux abords des carrières sera décrite et étudiée au chapitre IV.1.3.

⁷ A noter que les puits d'exhaure de la carrière de Marche-les-Dames ne sont pas situés sur la carte d'Andenne-Couthuin. Ils influencent cependant l'hydrogéologie locale aux abords de la carrière.

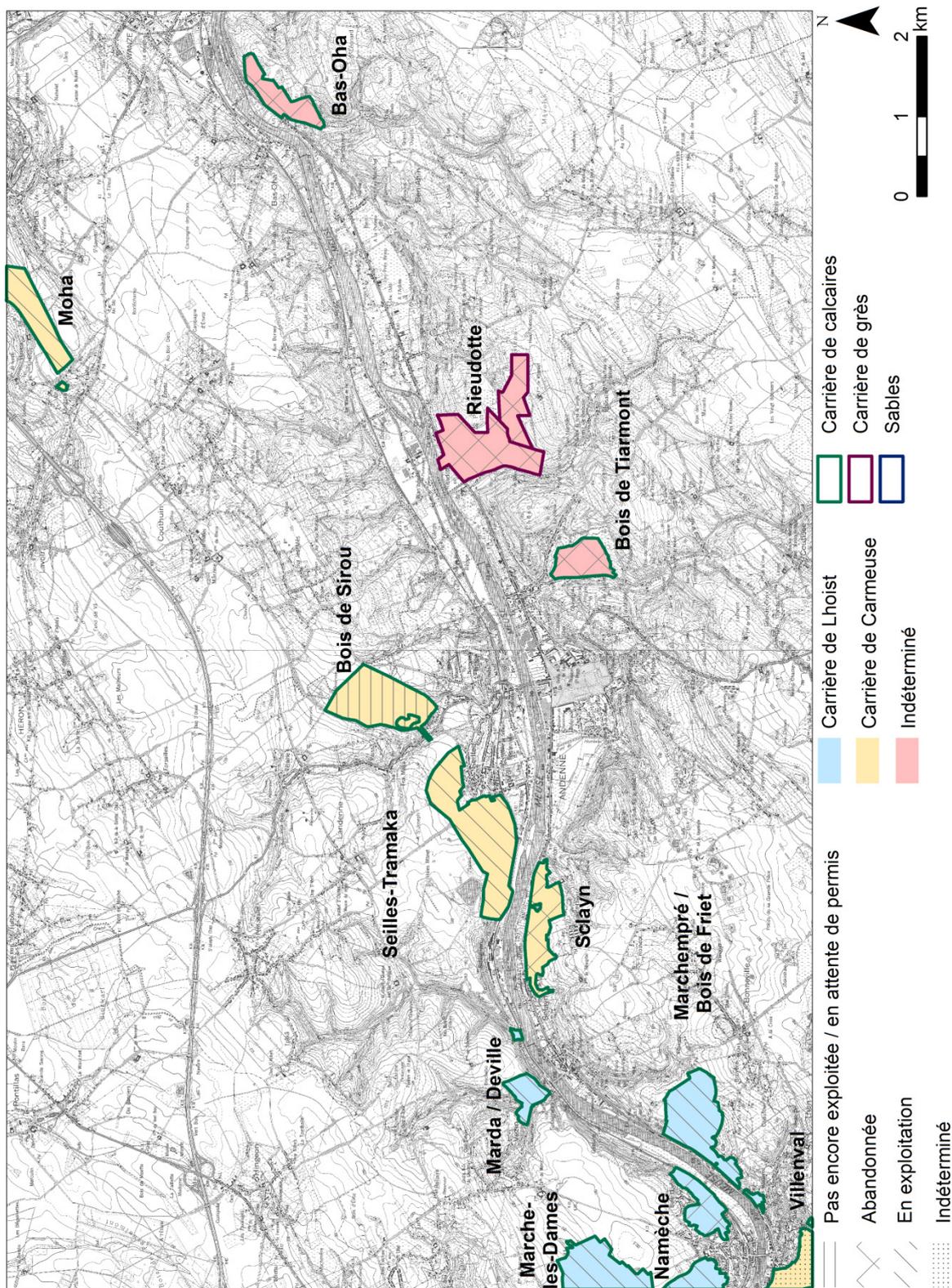


Figure III.5: Carrières et anciennes carrières de la carte d'Andenne-Couthuin

IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE

Sur la carte d'Andenne-Couthuin, on distingue plusieurs systèmes aquifères dont, par ordre d'importance, la nappe logée dans les calcaires du Carbonifère et celle logée dans les alluvions de la Meuse. Le socle paléozoïque renferme d'autres unités hydrogéologiques telles que l'aquifère des grès du Famennien, les aquifères des calcaires du Frasnien et du Givetien, ainsi que les niveaux aquifères dans les formations schisto-gréseuses du Houiller et localement dans les horizons gréseux du Massif du Brabant (figure IV.1).

Les limons quaternaires constituent une couche qui, de par les processus hydrochimiques y prenant cours et leur caractère peu perméable, peut être considérée comme protectrice pour les nappes sous-jacentes. En période de forte pluviosité, on y observe parfois de petites nappes locales et temporaires.

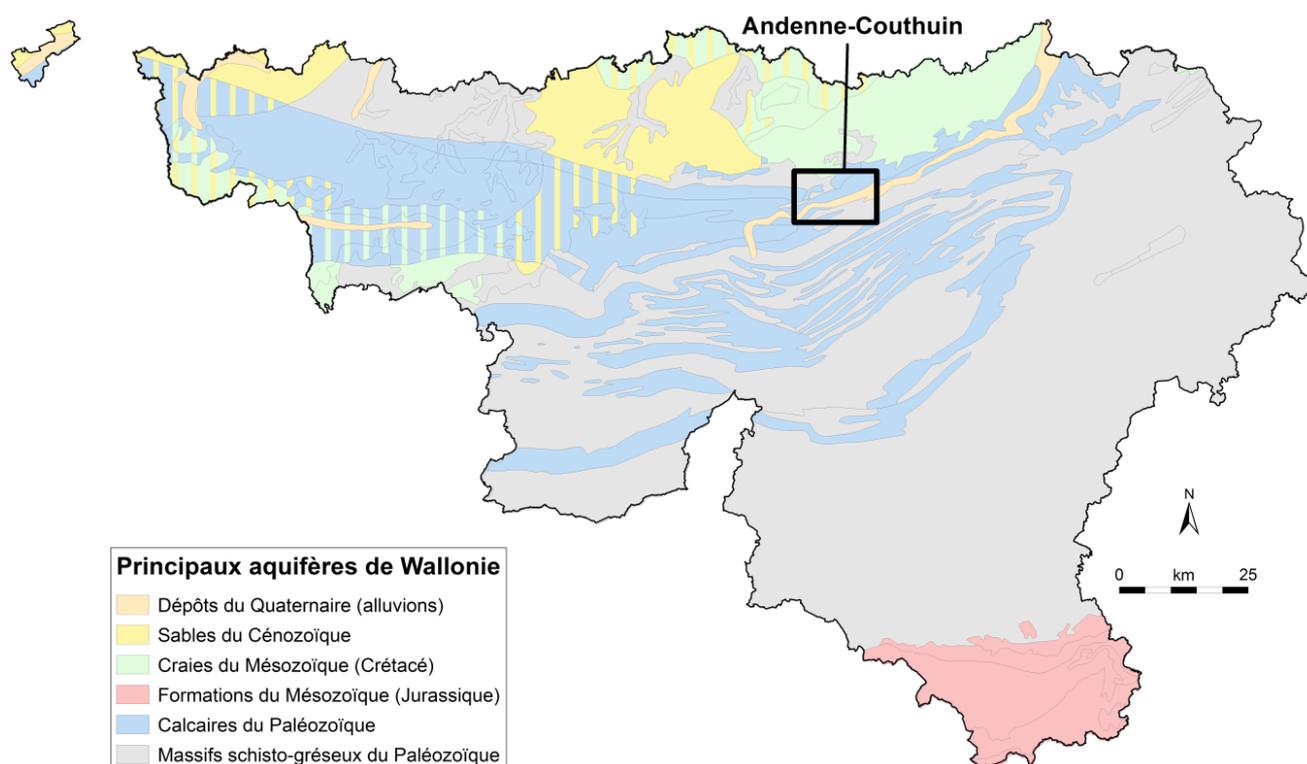


Figure IV.1 Principaux aquifères de Wallonie – Carte Andenne-Couthuin (d'après SPW-DGO3, 2013)

Quelle que soit la formation géologique, de l'eau y est présente. Cependant, le comportement des eaux souterraines et la productivité sont fortement conditionnés par la nature et la structure de la roche dans laquelle l'eau est stockée. Ainsi, les formations géologiques sont regroupées/subdivisées en fonction de leurs caractéristiques hydrodynamiques. Trois termes sont utilisés pour décrire les unités hydrogéologiques selon

le caractère plus ou moins perméable des formations (Pfannkuch, 1990; UNESCO-OMM, 1992):

- **Aquifère**: formation perméable contenant de l'eau en quantités exploitables;
- **Aquitard**: formation semi-perméable permettant le transit de flux à très faible vitesse et rendant la couche sous-jacente semi-captive;
- **Aquiclude**: couche ou massif de roches saturées de très faible conductivité hydraulique et dans lequel on ne peut extraire économiquement 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, le caractère globalement perméable, semi-perméable ou peu perméable d'un ensemble de couches géologiques. Elles donnent une idée du potentiel économique que représentent les différentes unités hydrogéologiques en termes d'exploitation. Elles se basent sur la description lithologique de ces unités (formations ou ensembles de formations). Certaines formations géologiques voient leur faciès changer latéralement, il est donc possible qu'une même formation soit définie en terme d'aquifère sur une carte et en terme d'aquitard sur une autre carte (raisonnement par carte).

IV.1 DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES

Les unités hydrogéologiques définies sur la carte d'Andenne-Couthuin sont décrites ci-après dans l'ordre stratigraphique ascendant (du plus ancien au plus jeune). Elles sont reprises de manière synthétique dans le tableau IV.1 (en fin de chapitre).

IV.1.1 Unités hydrogéologiques du Cambro-Silurien⁸

Une seule unité hydrogéologique cambro-silurienne figure sur la carte Andenne-Couthuin. Elle est localisée dans la bande ordovico-silurienne du Condroz. Elle occupe également une grande partie du Massif du Brabant, au nord-ouest de la carte.

IV.1.1.1 Aquiclude du socle cambro-silurien

Les terrains composant cette unité hydrogéologique sont principalement schisteux. Cette unité est donc définie en termes d'aquiclude. Cependant, dans les bancs d'arkose du

⁸ Le terme générique 'Cambro-Silurien' est utilisé même si, sur cette carte, les formations du Cambrien sont absentes.

Silurien inférieur, il existe très localement des potentialités aquifères. L'exploitation de ces niveaux se réaliserait néanmoins à débit très faible.

IV.1.2 Unités hydrogéologiques du Dévonien

Les unités hydrogéologiques du Dévonien sont présentes dans chaque grande unité structurale bien que dans la région d'Andenne-Couthuin, les unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur soient absentes dans la majeure partie de la zone située entre les failles de Landenne et Bousalle.

IV.1.2.1 Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Cette unité hydrogéologique regroupe des lithologies schisto-gréseuses ou dominées par des poudingues où sont intercalés de niveaux gréseux. On y retrouve les Formations d'Acoz, de Burnot et de Fooz. Les niveaux gréseux et quartzitiques, fissurés et fracturés, présentent des potentialités aquifères intéressantes à l'échelle locale alors que les niveaux schisto-gréseux expliquent la qualification d'aquitard.

IV.1.2.2 Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur

Les Formations de Bois d'Ausse et de Wépion représentent cette unité hydrogéologique dominée par des masses gréseuses en proportion importante par rapport aux minces horizons intercalaires constitués de siltites et de shales. Cette lithologie justifie donc l'appellation d'aquifère à niveaux aquicludes.

IV.1.2.3 Aquitard de l'Eifelien

La lithologie des terrains constituant cette unité hydrogéologique est dominée par des schistes et des poudingues, dont celui de Tailfer ainsi que des calcaires gréseux et argileux. Les perméabilités au sein de cet ensemble peuvent varier fortement d'un niveau à l'autre. Globalement cela justifie la classification de ces terrains en termes d'aquitard.

IV.1.2.4 Aquifère des calcaires du Givetien

Les calcaires du Givetien forment, de par leur degré de fissuration et de karstification, un système aquifère important bien que la circulation des eaux souterraines puisse être localement réduite en présence des niveaux schisteux.

IV.1.2.5 Aquiclude du Frasnien

Cette unité hydrogéologique regroupe les formations schisteuses très peu perméables de la base et du sommet du Frasnien. Elle est donc clairement définie en termes d'aquiclude.

IV.1.2.6 Aquifère des calcaires du Frasnien

Les calcaires du Frasnien, comme ceux du Givetien, présentent des potentialités aquifères intéressantes liées à leur degré de fracturation intense et à la karstification (certes moindre comparée à celle des calcaires givetiens et carbonifères).

IV.1.2.7 Aquiclude du Famennien

La Formation de la Famenne, qui constitue cette unité hydrogéologique, est dominée par des shales et contient par endroits des grès micacés. Cette lithologie justifie donc l'appellation d'aquiclude.

Il est possible que l'aquitard du Famennien, composée de grès micacés stratoïdes et de schistoïdes (*Fa1c*), soit présent sur la carte Andenne-Couthuin mais aucune différenciation n'a été faite sur cette carte, contrairement à la carte 48/3-4 Huy-Nandrin (Ruthy & Dassargues, 2011).

IV.1.2.8 Aquifère des grès du Famennien

Cette unité hydrogéologique est composée principalement de grès micacé, de calcaires gréseux, de shales et de siltites constituant les Formations de Monfort et d'Évieux. La porosité des grès assure une capacité importante à cette nappe. Cependant, c'est son degré de fracturation qui détermine fortement son exploitabilité. Cette nappe est donc qualifiée de "nappe de fissures" dans les grès fracturés. La nappe est aussi exploitable dans le manteau d'altération, composé principalement de sables d'altération des grès.

IV.1.3 Unités hydrogéologiques du Carbonifère

Les calcaires et dolomies du Carbonifère constituent une importante réserve en eaux souterraines dans la région d'Andenne-Couthuin.

IV.1.3.1 Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien

Vu l'hétérogénéité des formations du Tournaisien inférieur (T1-Assise d'Hastière) et leur regroupement cartographique, une unité hydrogéologique globale a été définie et est nommée "Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien".

La Formation d'Hastière est décrite globalement comme un aquifère. Elle est en effet composée de calcaires et de dolomies avec des niveaux de calcaires argileux et de calcschistes (aquitard). Elle est intercalée entre les couches schisto-gréseuses du Famennien supérieur et les shales du Pont d'Arcole. Elle constitue, avec cette dernière formation, une partie de l'Hastarien. L'extension de ce niveau aquifère est cependant limitée en raison de sa faible épaisseur.

Cependant sur la carte d'Andenne-Couthuin, les formations entourant habituellement la Formation d'Hastière ne sont pas cartographiées mais leur présence est suspectée sur une faible épaisseur. Il s'agit principalement des schistes du Pont d'Arcole qui constituent un seuil hydrogéologique au sein de l'aquifère des calcaires carbonifères. Cet aquiclude forme un niveau peu perméable isolant l'aquifère de la Formation d'Hastière des autres unités hydrogéologiques calcaires du Carbonifère.

IV.1.3.2 Aquifère des calcaires du Carbonifère

Les dolomies et calcaires du Tournaisien supérieur et du Viséen forment un aquifère à porosité de fissures, pouvant être localement karstifié, comme en témoigne les nombreux phénomènes karstiques observés dans la région. Cette unité, composée de calcaires relativement purs et de dolomies, est fortement exploitée par les sociétés extractives de la région (on y dénombre pas moins de huit carrières). Ces carrières peuvent d'ailleurs jouer un rôle important au niveau de la qualité des eaux souterraines. Elles représentent des zones potentiellement plus vulnérables aux contaminations de surface et doivent donc faire l'objet d'une surveillance particulière à proximité des captages d'eau potable.

D'une manière générale, les calcaires karstiques sont alimentés selon deux modes distincts :

- par infiltration diffuse et retardée des eaux météoriques à travers la couverture de limons
- par infiltration concentrée via les nombreuses pertes.

IV.1.3.3 Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

Les schistes, grès et quartzites du Houiller sont peu perméables à petite échelle. Cependant, les terrains houillers renferment localement une nappe de fissures dans les horizons gréseux. Les schistes, bien que fracturés, ne renferment pas de nappe exploitable, leurs fractures étant généralement colmatées par un remplissage argileux dû à leur altération. La répartition des réseaux de fissures est assez aléatoire et la perméabilité du bed-rock est fonction de la densité et de l'ouverture de ces fissures. La potentialité aquifère des terrains schisto-gréseux du Houiller est donc limitée par la variabilité des fractures et des réseaux de fissures.

Les débits qui peuvent être extraits dans les zones productives sont généralement assez faibles (de l'ordre de quelques m³/h). Les eaux de la nappe présentent souvent une minéralisation élevée en fer et en sulfates ainsi qu'un pH acide, liés à l'altération des sulfures de fer (pyrite) souvent abondants dans ces formations.

Le sommet de ces terrains est souvent altéré, laissant en place une couche d'argile d'altération plus ou moins épaisse et continue.

IV.1.4 Unités hydrogéologiques du Crétacé

IV.1.4.1 Aquiclude des marnes du Campanien

Cette unité hydrogéologique est constituée de marne et d'argile glauconifère (smectite de Herve) de la Formation de Vaals. Cet horizon forme un niveau peu perméable qui justifie l'appellation d'aquiclude.

IV.1.5 Unités hydrogéologiques du Cénozoïque

IV.1.5.1 Aquifère des sables de remplissage (Paléogène)

Les dépôts sableux oligocènes, qui comblent généralement les poches de dissolution des calcaires, ont des capacités aquifères réduites au vu de leur faible extension et de la grande hétérogénéité des matériaux. Ils constituent donc par endroits de petites nappes locales et, souvent temporaires et perchées. Ils jouent également le rôle de filtre pour les nappes sous-jacentes.

IV.1.5.2 Aquitard limoneux (Quaternaire)

Les limons, épais de quelques décimètres à quelques mètres, jouent un rôle protecteur lors de l'infiltration des eaux météoriques: infiltration retardée dans le temps et effet de filtration. Cependant, cette couverture limoneuse n'est pas uniforme sur l'ensemble de la carte. Ces dépôts n'ont pas été cartographiés sur la carte hydrogéologique et ne sont pas repris sur dans le tableau synthétique 'Géologie-Hydrogéologie'.

IV.1.5.3 Aquifère alluvial (Quaternaire)

La nappe alluviale de la Meuse est une nappe à porosité de pores qui comporte une structure à lits anastomosés, avec îlots de graviers, chenaux fluviaux, etc. Les alluvions modernes sont composées principalement de graviers et de sables offrant des potentialités aquifères intéressantes, si leur extension le permet. Les limons fluviaux d'épaisseur variable recouvrent la couche sablo-graveleuse, rendant ainsi localement captive la nappe alluviale.

Cette nappe est alimentée par les eaux météoriques et par l'apport des versants soit par écoulement hypodermique, soit par déversement de la nappe du bed-rock lorsque celui-ci est aquifère (le niveau piézométrique dans la nappe du bed-rock étant souvent légèrement supérieur à celui de la nappe alluviale). On peut également supposer des interactions entre la nappe et le fleuve, si celui-ci est peu canalisé.

Tableau IV.1: Correspondance Géologie-Hydrogéologie. Tableau des unités hydrogéologiques

Ere	Système	Série	Etage	Assise	Lithologie	Abréviation	Hydrogéologie		
Cénozoïque	Quaternaire	Supérieur		Alluvions modernes des vallées	Gravier, sables, limon argileux - Loess - Tufs	alm, tf	Aquifère alluvial		
	Paléogène	Oligocène		Dépôts supérieurs continentaux	Argiles, blocs de grès blanc et amas de cailloux blancs	Ona, Ong, Onx	Aquifère des sables de remplissage		
				Dépôts inférieurs marins	Sable fins micasés	Om			
Mésozoïque	Crétacé	Campanien	Sénonien	Herve	Argile glauconifère, cailloutis, silex (Sx)	Cp2	Aquiclude des marnes du Campanien		
Paléozoïque	Carbonifère	Houiller	Moyen		Grès, psammites et schistes - Houille	H2	Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller		
			Inférieur		Grès souvent feldspathiques, psammite, schistes - Houille maigre, poudingue, arkose	H1b, H1c			
					Phtanites, schistes siliceux - Ampélites	H1a			
		Dinantien	Viséen	Visé		Calcaire - brèche calcaire	V2c- V2cx	Aquifère des calcaires du Carbonifère	
						Calcaire noir avec cherts noirs, dolomie	V2b, V2by		
						Calcaire à grains cristallins, calcaire oolithique, dolomie, brèche	V2a, V2ay, V2ax		
			Dinant	Grandes dolomies	V1by				
			Tournaisien	Ecaussinnes et Waulsort		Calcaire à crinoïdes, dolomie à crinoïdes	T2, T2y		
					Hastière	Dolomies à crinoïdes, (schistes)	T1y		
		Dévonien	Famennien		Eveux	Calcaire siliceux de Wartet	Fa2c	Aquifère des grès du Famennien	
	Montfort				Psammites grésiformes avec couches stratoides vers le bas, parfois très fossilifères	Fa2b			
	Mariembourg				Schistes souvent violacés avec grès micacés	Fa1b			
	Supérieur		Frasnien		Franco-Waret	Schistes	Frd	Aquiclude du Frasnien	
						Dolomie	Frdy	Aquifère des calcaires du Frasnien	
					Rhisnes et Thy-le-Baudouin	Calcaire souvent noduleux, dolomie	Frc		
					Bovesse et Gougnies	Calcaires (calcaire stratifié, dolomie)	Frb		
						Schistes	Frbm	Aquiclude du Frasnien	
					Bossière et Gourdinne	Schistes	Fra		
	Moyen		Givetien			Calcaire avec couches de schiste à la base. Roches de Mazy avec poudingue à la base	Gvb	Aquifère des calcaires du Givetien	
					Couvinien (Eifelien)	Poudingue de Tailfer, schistes rouge, poudingue de Burnot	Coa	Aquitard de l'Eifelien	
			Inférieur	Burnotien (Emsien)			Schiste rouge et grès rouge avec poudingue à ciment rouge de Burnot	Bt	Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur
							Grès de Wépion avec schistes	Cb3	Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur
							Schistes rouge et grès rose d'Acoz	Cb2	Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur
							Grès du bois d'Ausse	Cb1	Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur
							Schistes verdâtres avec nodules calcaires	Gdb	Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur
			Gedinnien (Lochkovien)	Poudingue d'Ombret et arkose de Dave	Ga				
		Silurien	Supérieur			Schistes parfois calcareux. Schistes	Sl2b	Aquiclude du socle cambro-silurien	
Inférieur					Schistes avec bancs d'arkose et nodules quartzeux ferrugineux	Sl1b			

IV.2 DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE DE LA CARTE

Ce chapitre consacré à l'hydrogéologie régionale n'abordera que les principales unités hydrogéologiques de la carte Andenne-Couthuin, à savoir la nappe alluviale de la Meuse et la nappe des calcaires carbonifères. Trop peu de données sont disponibles pour décrire correctement les autres unités hydrogéologiques dont les aquifères locaux fissurés situés dans les terrains du Houiller, les aquifères calcaires du Frasnien et du Givetien ou encore l'aquifère des grès du Famennien. Les phénomènes karstiques seront aussi abordés dans ce chapitre, dans la partie consacrée aux aquifères calcaires.

Une carte simplifiée et un tableau, présentés en annexe, reprennent l'ensemble des puits, des piézomètres, des sources... cités dans le texte et/ou les graphiques.

IV.2.1 Aquifère alluvial de la Meuse

L'aquifère alluvial de la Meuse possède des caractéristiques hydrogéologiques assez variables. Vu l'hétérogénéité des matériaux, les conductivités hydrauliques moyennes mesurées (plus de détails au [chapitre VII.1](#)) sont de l'ordre de $2 \text{ à } 4 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ mais peuvent être comprises entre 4×10^{-4} et $1 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ (SGS, 2004). L'exutoire naturel de la nappe est la Meuse. Cette nappe constitue quant à elle un exutoire pour les aquifères du bed-rock logés, entre autres, dans les calcaires du Carbonifère. La nappe s'écoule régionalement selon une direction sensiblement S-O/N-E mais est toutefois influencée par les interactions locales entre la nappe et le cours d'eau. La nappe alluviale est en général en équilibre avec le cours d'eau, étant tantôt drainée par le fleuve, tantôt alimentée par celui-ci. Ces échanges varient tant dans l'espace (en fonction de la nature du bed-rock) que dans le temps. Les ouvrages d'art et les captages peuvent influencer localement la direction de l'écoulement souterrain.

Nous ne disposons pas de données suffisantes concernant l'aquifère alluvial pour en tracer la carte piézométrique complète. Seules quelques hauteurs piézométriques ponctuelles sont reportées sur la carte hydrogéologique et permettent de tracer des cartes piézométriques locales. Pour une question de lisibilité sur la carte principale (1/25 000), les isopièzes n'y figurent pas; excepté pour la zone de captage de Ben-Ahin. Pour les sites où une telle information est disponible, une carte piézométrique détaillée est présentée dans la notice.

Sur la carte Andenne-Couthuin, six sites de captage de distribution publique d'eau potable sollicitent l'aquifère alluvial de la Meuse, dont cinq appartiennent à la SWDE (Bas-Oha, Seilles, Cité Tonglet, Fond des Vaux et Rue sous Meuse). Le captage de Ben-Ahin appartient quant à lui à VIVAQUA.

Depuis 2005, plusieurs relevés piézométriques ont été effectués sur les forages du site de Seilles. Sur la figure IV.2 sont reprises les isopièzes représentant la piézométrie de mars 2004, situation hors pompage (SGS, 2004). Cette étude montre que l'écoulement naturel de

la nappe est dirigé vers le sud/sud-est, en direction de la Meuse. Le gradient de la nappe est relativement faible, environ 0,1 %. Par contre, les données piézométriques de juillet 2013 indiquent un écoulement des eaux souterraines plutôt dirigé vers le piézomètre Pz2, vers la Meuse, montrant que des variations faibles de la piézométrie influencent grandement les directions d'écoulement dans la nappe alluviale. Sur les chroniques piézométriques présentées à la figure IV.3, l'amplitude moyenne des variations de niveau piézométrique est de 0,7 m. Sur les sept puits du captage de Seilles, seul le puits P7 est encore en exploitation. Les variations du niveau piézométrique peuvent être essentiellement influencées par le volume prélevé en ce puits.

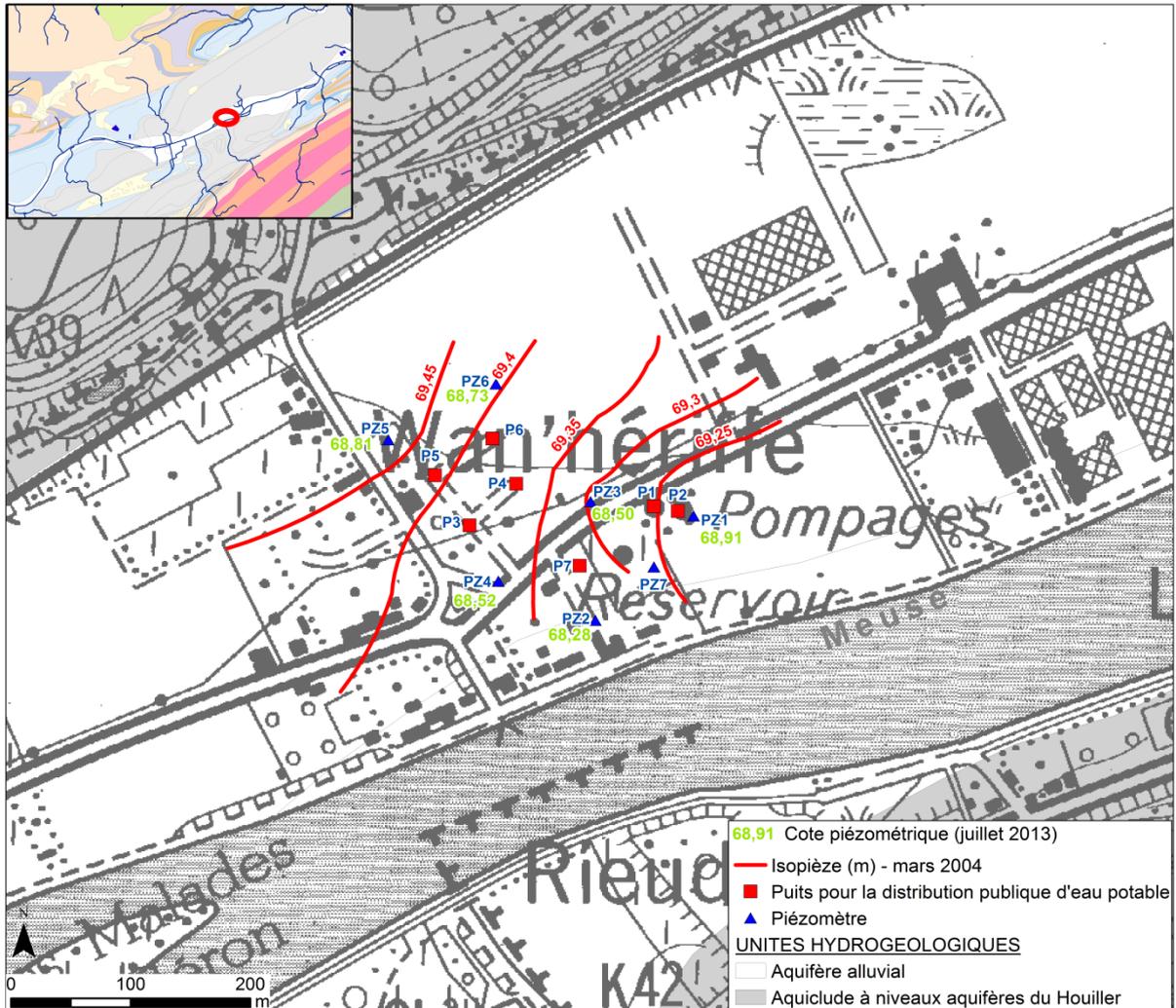


Figure IV.2: Carte piézométrique de la nappe alluviale de la Meuse au droit du site de captage de Seilles (SWDE)(d'après SGS, 2004)



Figure IV.3: Chroniques piézométriques des piézomètres crépinés dans les alluvions – Site du captage de Seilles (SWDE)

Les niveaux d'eau relevés dans les piézomètres du captage de Bas-Oha (SWDE) ont permis d'esquisser le tracé d'isopièzes locales et mettent en évidence différents facteurs influençant le sens d'écoulement dans la nappe alluviale de la Meuse (figure IV.4). La carte piézométrique présentée à la figure IV.4 illustre une situation de basses eaux, les mesures ayant été effectuées en août 2009. Les puits P4 et P5 du captage de Bas-Oha étaient en exploitation. La Meuse est, dans cette zone, à une cote légèrement inférieure à 69,24 m (mesure prise environ un kilomètre en amont en août 2009). A cette époque, la Meuse est donc perdante par rapport à la nappe car cette dernière est rabattue à cause des pompages. Au droit de Bas-Oha, l'écoulement des eaux souterraines est nettement influencé par les puits de captages P4 et P5. L'allure des isopièzes met également en évidence l'apport provenant des versants (bed-rock houiller). Cette information est d'ailleurs confirmée par l'essai de traçage réalisé dans le cadre de la délimitation de la zone de prévention du captage (Tractebel, 2003a). Un traceur a été injecté au puits Basse-Voie, situé 100 m au nord du chemin de fer, dans le cadre de l'étude de délimitation des zones de prévention. L'arrivée du traceur au niveau des drains sous la voie ferrée (dont la localisation précise n'est pas connue) étaye l'alimentation partielle de la nappe alluviale par les versants. Les niveaux piézométriques mesurés annuellement par la SWDE sont relativement constants dans le temps et dépendent des débits pompés aux puits P4 et P5 (figure IV.5). Ainsi, l'augmentation des débits entre 2007 et 2008 ou leur diminution entre 2008 et 2011 sont visibles sur les courbes du graphique IV.5.

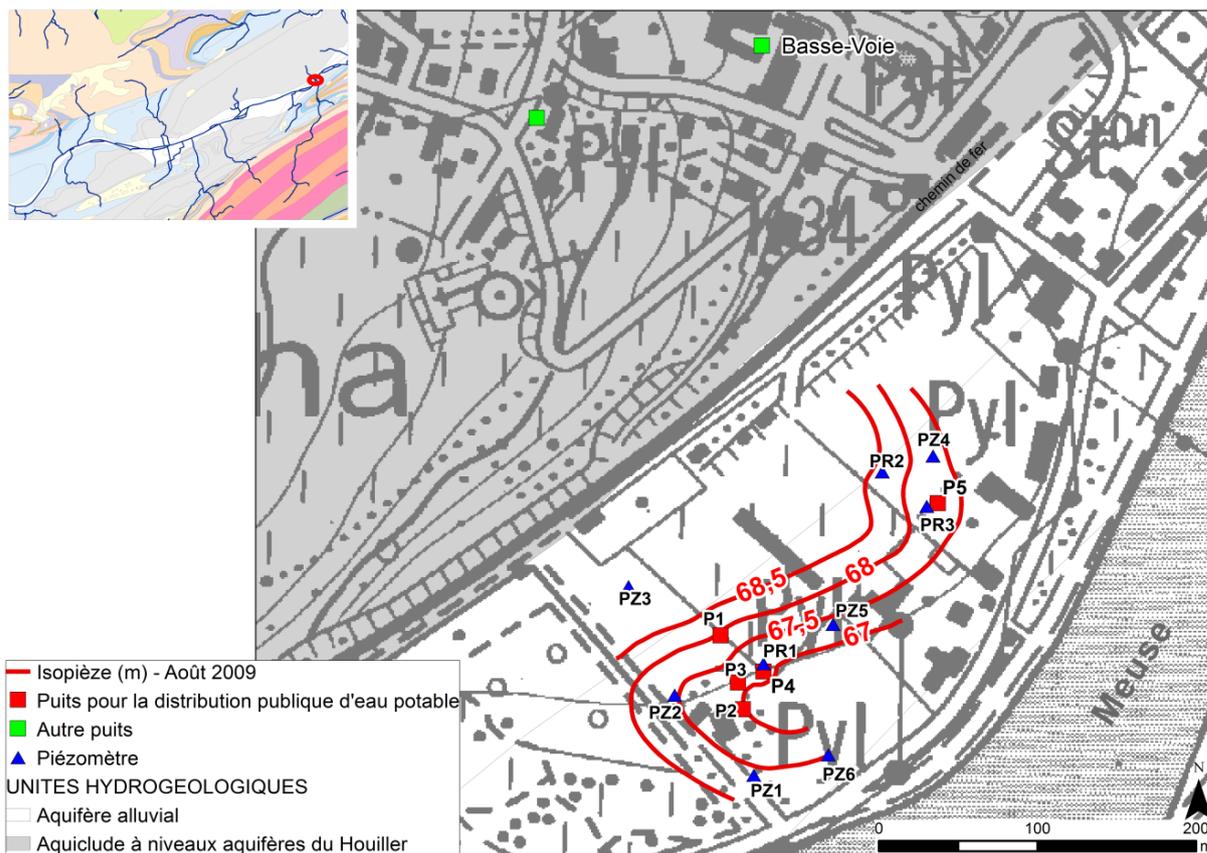


Figure IV.4 : Carte piézométrique locale (août 2009) dans la zone des captages de Bas-Oha (SWDE) dans l'aquifère alluvial de la Meuse

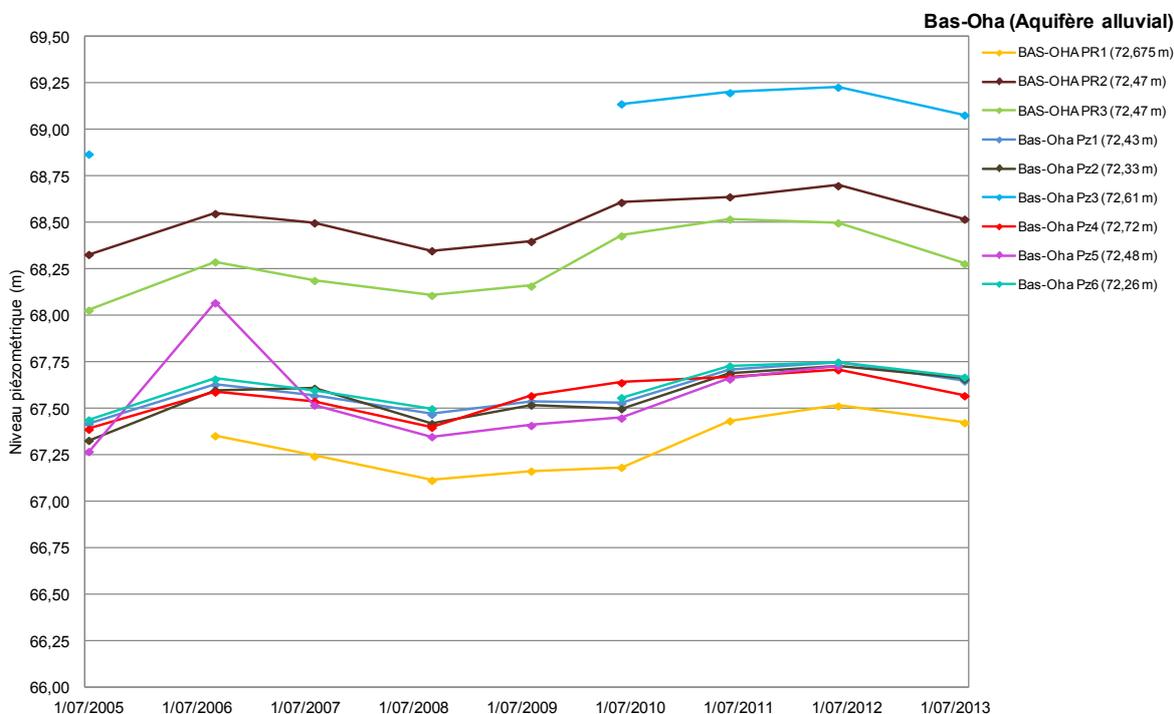


Figure IV.5: Chroniques piézométriques des piézomètres crépinés dans les alluvions – Site du captage de Bas-Oha (SWDE)

Le captage de VIVAQUA à Ben-Ahin comprend 18 puits et 12 drains situés dans la plaine alluviale de la Meuse, en rive droite. Ils sont répartis en quatre zones ou "pavillons" (figure IV.7). Le mode de fonctionnement du captage est de deux types : puits captant (zone I, II et III) et drain rayonnant (zone V). Les eaux captées sont acheminées aux puits puisards et sont ensuite pompées vers le pavillon de collecte. Deux piézomètres, T1 et T8, sont également présents (figure IV.7). Ces piézomètres se situent en bord de Meuse dans l'aquifère alluvial. Le forage T1, profond de 8,49 m, se situe un kilomètre en amont du site de captage et le forage T8, profond de 8,8 m, se trouve directement sur le site de captage. Des relevés de la profondeur d'eau le 9 mars 2011, niveaux statiques, ont permis de dresser une carte piézométrique en situation sans pompage (Geolys, 2012). On y observe des perturbations locales de l'écoulement souterrain. De plus, les niveaux d'eau mesurés dans la zone du Pavillon V (PT30 et PT34), située en aval, sont supérieurs aux autres niveaux d'eau observés. Le niveau le plus haut est mesuré au droit du PT_car. Ces observations peuvent indiquer que les eaux exploitées au pavillon V proviendraient en partie des calcaires carbonifères ou qu'il existe une exploitation trop intense sur les autres pavillons provoquant un niveau piézométrique jamais équilibré. Enfin, le niveau d'eau le plus bas est observé au droit de la Meuse (niveau de base naturel de la nappe) et du PC2. (Pavillon I).

Toutes ces observations montrent la complexité des écoulements dans la nappe alluviale à l'échelle du site. Globalement, les écoulements souterrains sont dirigés vers la Meuse. Cependant, d'autres niveaux piézométriques mesurés après un période d'un mois de pompage montrent que les écoulements souterrains sont dirigés vers les pavillons (Geolys, 2012).

Des suivis piézométriques pour ces piézomètres sont disponibles pour la période s'étendant de janvier 2006 à décembre 2013 (figure IV.6). Durant cette période, le niveau de la Meuse a été mesuré à intervalles réguliers. Celui-ci varie faiblement et se maintient autour de la cote de 69,4 m, moyenne établie sur la période étudiée. De manière générale, les niveaux piézométriques en T1 et T8 sont inférieurs au niveau de la Meuse, de quelques décimètres, parfois un ou deux mètres. Les fluctuations des niveaux piézométriques suivent, malgré la présence d'un mur de berge, assez bien les fluctuations du niveau de la Meuse avec cependant quelques décalages et une dynamique différente. Le niveau de la nappe au droit de T1 est principalement imposé par la Meuse et les fluctuations piézométriques sont donc faibles comme celles du fleuve. Le piézomètre T8, situé plus près des captages de Ben-Ahin (à environ 50 m alors que T1 est à 1 km des captages), subit fortement leur influence qui se marque par un rabattement important par rapport à T1 et des écarts plus importants par rapport au niveau de la Meuse. Les fluctuations de la Meuse sont plus importantes en hiver qu'en été. De même, le niveau de la Meuse est légèrement plus élevé en hiver qu'en été. La saison des hautes eaux et des basses eaux de l'aquifère est, quant à elle, difficilement distinguable.

Un suivi plus complet des niveaux piézométriques au droit et aux abords des captages a été réalisé en neuf points de mesure, répartis sur les quatre pavillons du site, entre mars et septembre 2011. Ces cotes piézométriques ont été comparées avec le niveau de la Meuse, la pluviométrie et les débits de pompage (Geolys, 2012). Les conclusions de ce rapport indiquent que (1) *durant cette période, le niveau de la Meuse est relativement constant et l'amplitude de la fluctuation est inférieure à 43 cm*, (2) *aucune stabilisation du niveau piézométrique n'est observée en régime de pompage* et (3) *l'allure du niveau piézométrique est étroitement liée au régime de pompage*. On remarque que le niveau de la nappe alluviale se stabilise très lentement (sur la période mars-sept 2011), même en l'absence de pompage. La nappe se rééquilibre avec la Meuse après une période de 2 mois sans pompage. L'allure de la piézométrie au droit d'un puits témoin implanté dans les calcaires du Carbonifère (PT_car, figure IV.7) est influencée par le pompage du pavillon V. Ceci pourrait indiquer que les eaux exploitées au pavillon V proviennent en partie des calcaires.

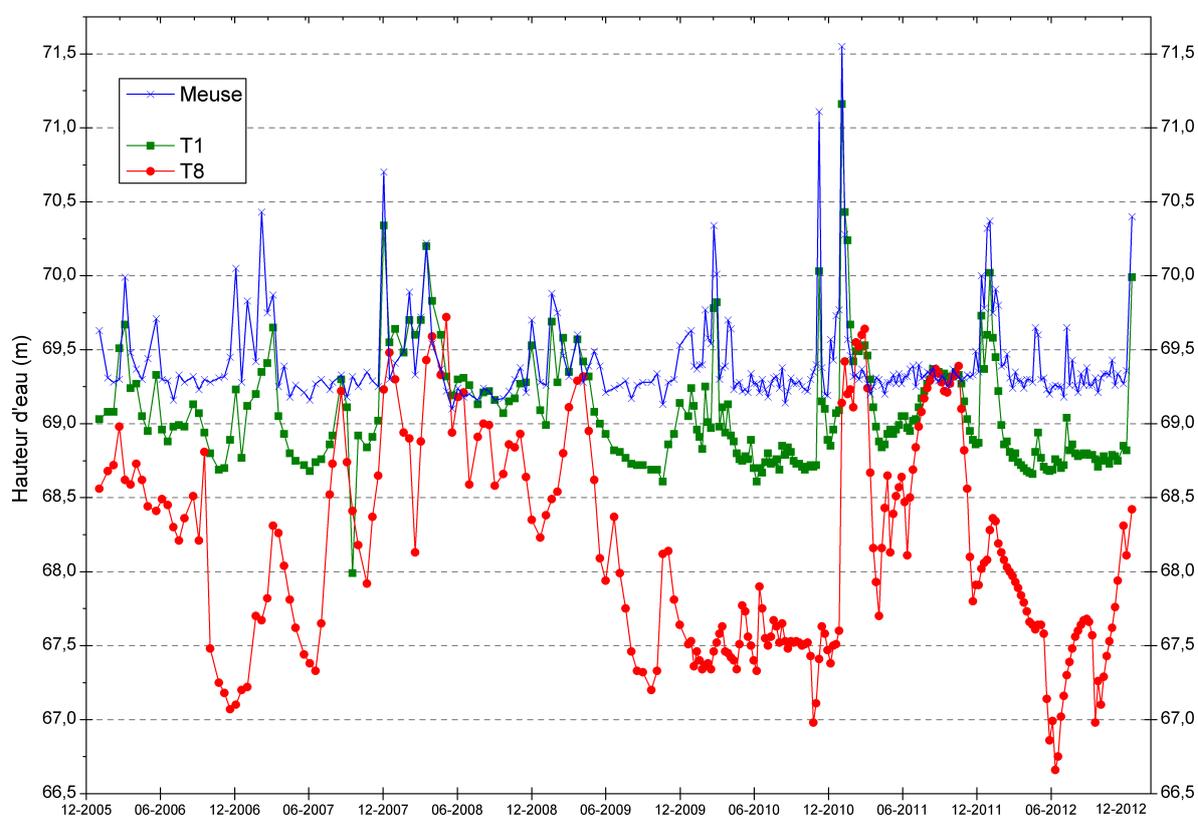


Figure IV.6: Evolution piézométrique au niveau des piézomètres T1 et T8 dans les alluvions à Ben-Ahin – Fluctuation du niveau de la Meuse

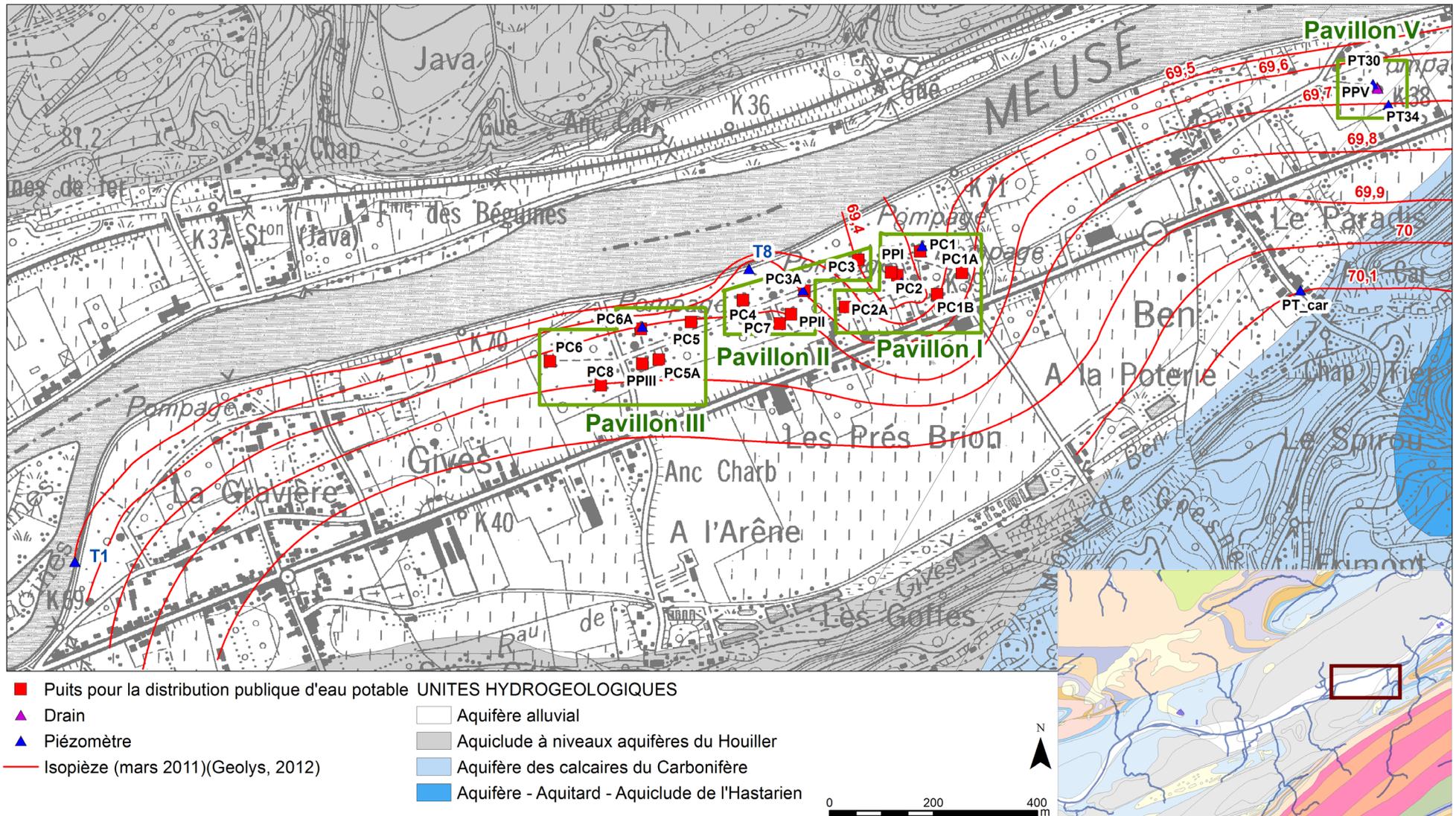
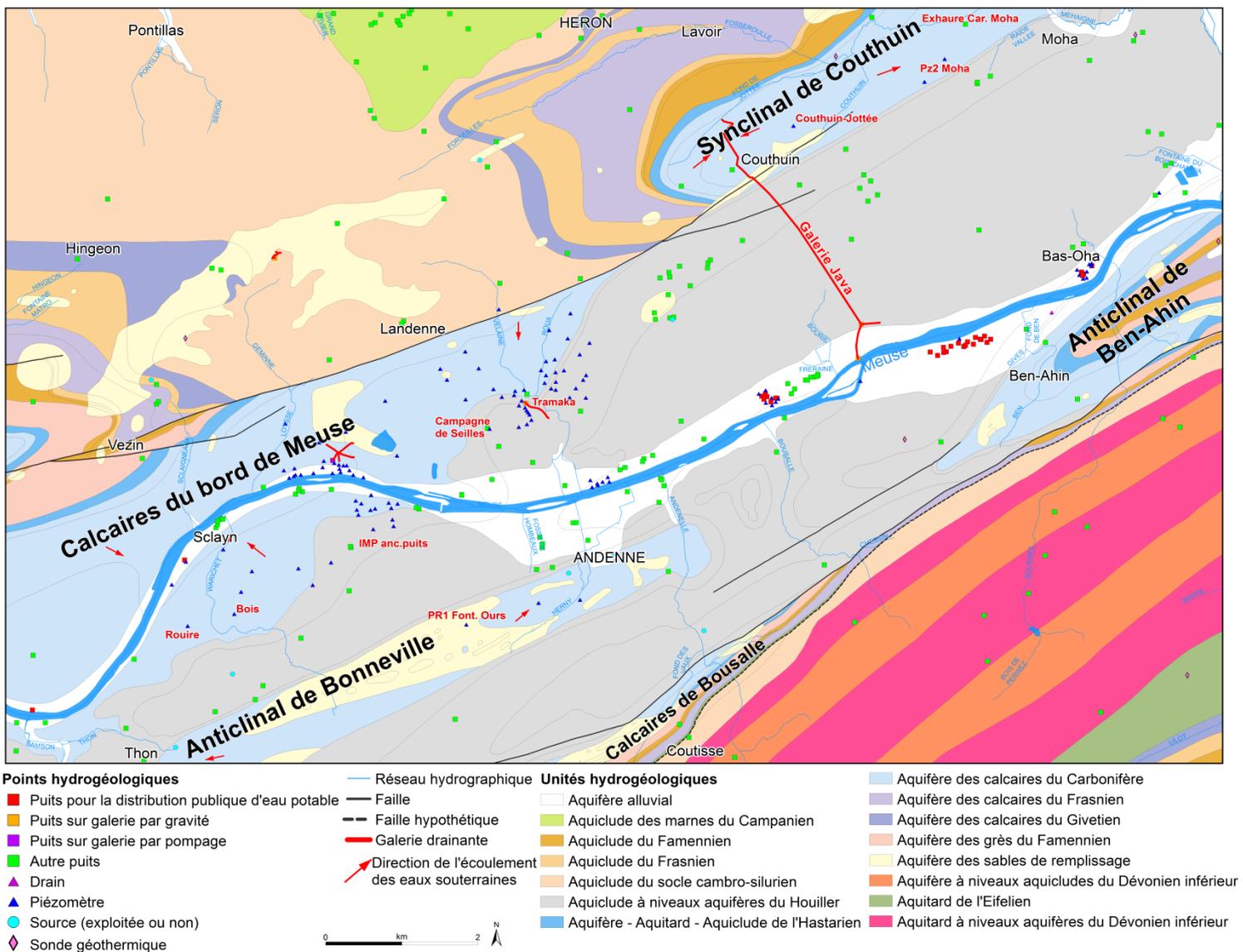


Figure IV.7: Localisation des ouvrages des captages de Ben-Ahin (VIVAQUA) et carte piézométrique (mars 2011) de la nappe alluviale (d'après GEOLYS, 2012)

IV.2.2 Aquifère des calcaires du Carbonifère

Sur la carte Andenne-Couthuin, l'aquifère des calcaires du Carbonifère se présente en plusieurs entités. Ainsi, on distingue: les Calcaires du bord de Meuse, le Synclinal de Couthuin, l'Anticlinal de Bonneville, l'Anticlinal de Ben-Ahin et les Calcaires de Bousalle (figure IV.8). L'hydrogéologie ne peut être décrite avec le même degré de précision pour chacune de ces entités, vu la disparité des données disponibles. Bien que des piézomètres et des prises d'eau soient répertoriées dans ces entités, les données disponibles restent insuffisantes pour tracer une carte piézométrique de l'aquifère. Des valeurs ponctuelles du niveau d'eau sont indiquées sur la carte hydrogéologique principale du poster. Après une description globale du comportement hydrogéologique de l'aquifère des calcaires du Carbonifère, le contexte hydrogéologique est décrit individuellement par entité. De nombreux phénomènes karstiques sont également observés. Ils sont détaillés en fin de chapitre.



Un grand nombre d'ouvrages de prise d'eau sont implantés dans les calcaires du Carbonifère sur la carte d'Andenne-Couthuin. Les conductivités hydrauliques mesurées sont très variables et comprises entre 5×10^{-8} m/s, lorsqu'on se trouve dans le calcaire massif, et 1×10^{-4} m/s lorsque celui-ci est fissuré ou karstifié (voir [chapitre VII.2](#)). Les axes de fissurations ainsi que les conduits karstiques provoquent des contrastes importants dans les caractéristiques d'écoulement des eaux souterraines. Les conductivités hydrauliques peuvent atteindre, dès lors, des valeurs de 10^{-3} à 10^{-2} m/s aux abords des conduits karstiques et selon le "Volume Représentatif" (EVR) envisagé.

Comme l'ensemble des formations du Paléozoïque de la région, les roches calcaires sont fracturées. Selon leur remplissage et leur nature, ces failles seront soit des axes de circulation préférentielle, soit des seuils hydrogéologiques. En fonction de la nature des terrains, ces fractures peuvent soit mettre en communication des blocs au départ isolés, soit compartimenter l'aquifère.

La nappe des calcaires s'écoule naturellement vers la Meuse et à proximité de celle-ci, elle semble en équilibre avec la nappe alluviale. Le sens de l'écoulement des eaux de l'aquifère est localement influencé par le réseau hydrographique secondaire aux abords des cours d'eau. En général, les battements annuels des nappes logées dans les formations calcaires sont plus marqués que dans les autres unités hydrogéologiques. Localement des amplitudes d'une vingtaine de mètres peuvent être parfois observées. On constate également que plus on s'approche de l'exutoire de la nappe, plus ces amplitudes sont faibles. Ces aquifères calcaires réagissent très vite après une période de pluie (remontée piézométrique). Le niveau de la nappe est élevé dans le Houiller dû aux faibles conductivités hydrauliques de ces terrains. Au contraire, le niveau de la nappe des calcaires du Carbonifère est fortement rabattu à cause des conductivités hydrauliques généralement élevées.

Relation entre les eaux souterraines et les eaux de surface

L'étude de la dynamique des échanges entre les eaux souterraines (ESO) et les eaux de surface (ESU) présente un intérêt tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif, et particulièrement dans le cadre de la gestion intégrée d'un bassin hydrographique. Une typologie mettant en évidence quatre mécanismes d'échanges différents a été développée (Brouyère et al, 2009):

- Systeme potentiellement drainant: l'aquifère alimente le cours d'eau et contribue à maintenir un "niveau de base". Les eaux souterraines assurent le débit d'étiage. Le débit de la rivière augmente de l'amont vers l'aval, tout au long de la section drainante. La qualité des eaux du cours d'eau est influencée, entre autres, par la qualité des eaux souterraines (par ex., les eaux souterraines stabilisent la température des eaux de surface);

- Système potentiellement perdant: le cours d'eau alimente l'aquifère. Le débit de la rivière peut diminuer suite à l'infiltration d'eau de surface vers la nappe. En période d'étiage, ce débit peut être fortement amoindri, allant jusqu'à l'assèchement du cours d'eau si celui-ci n'est pas suffisamment alimenté par le ruissellement dans la partie amont du bassin. La qualité des eaux souterraines est influencée, entre autres, par la qualité des eaux de surface;
- Système en pseudo-équilibre: les fluctuations de la nappe (hautes eaux – basses eaux) et du ruisseau (crues ou étiages) font en sorte que le sens des échanges peut être variable, de l'aquifère vers le cours d'eau (ESO→ESU) ou du cours d'eau vers la nappe (ESU→ESO);
- Système Perte-Résurgence: dans les zones karstiques, un cours d'eau peut présenter des sections où l'essentiel des écoulements sont souterrains, et d'autres sections où ces écoulements ont lieu à la surface du sol. Les pertes correspondent aux points d'entrée des eaux de surface dans le milieu souterrain et les résurgences correspondent à leur réapparition en surface. Le débit du cours d'eau peut être affecté de manière brutale. Une grande partie ou la totalité du cours d'eau peut s'engouffrer dans ces conduits souterrains.

Pour chacun de ces systèmes, deux états ont été définis: vérifié et extrapolé. Le premier est employé pour les tronçons où des mesures expérimentales ont été réalisées, tels que des jaugeages, des relevés piézométriques, des essais de traçage. En l'absence de telles données, la typologie est basée sur la géologie et sur le contexte local de la dynamique ESO-ESU.

La figure IV.9 reprend la cartographie des interactions ESU-ESO pour la masse d'eau souterraine RWM011 (Calcaires du bassin de la Meuse bord Nord) sur la carte Andenne-Couthuin. Ces données sont issues des travaux du projet "Synclin'EAU". 99 km de cours d'eau y sont cartographiés selon la typologie décrite ci-dessus. Les cours d'eau sont principalement classés en systèmes drainants (70 %). Sur cette carte, tous ces tronçons évalués 'drainants' sont extrapolés. Moins d'un quart est rangé dans la catégorie 'systèmes perdants' (22 %). Les 'pertes-résurgences' représentent 5,5 % des cours d'eau étudiés et les tronçons indéterminés 1,5 %. A l'instar des résultats observés sur l'ensemble de la masse d'eau RWM011, les tronçons drainants sont surtout localisés sur les unités hydrogéologiques les moins perméables, à savoir les unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur et du socle cambro-silurien. Sur les calcaires frasniens et givetiens au droit des zones probablement plus argileuses et schisteuses, quelques secteurs sont aussi définis comme drainants. Les cours d'eau définis comme perdants s'écoulent au droit des calcaires carbonifères. Ces portions des cours de rivières peuvent constituer un risque pour les eaux souterraines.

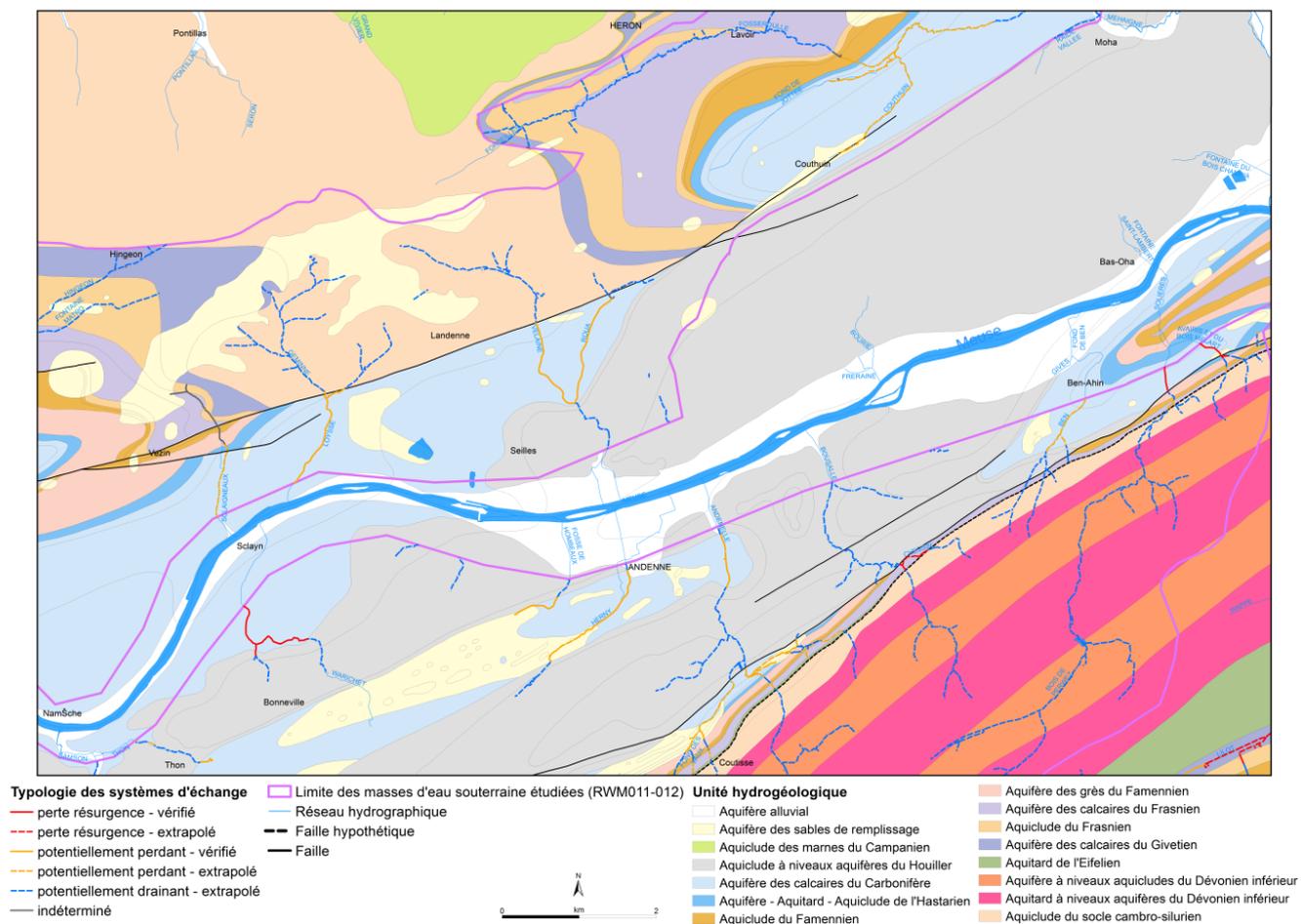


Figure IV.9: Typologie des rivières de la carte d'Andenne-Couthuin (d'après Brouyère et al., 2009)

D'anciennes galeries de mines ou de carrières ont été creusées dans les calcaires du Carbonifère de la région d'Andenne-Couthuin (figure IV.10). Ces galeries modifient très probablement l'écoulement des eaux souterraines. Cependant, le manque de données ne nous permet pas de décrire l'effet de ces galeries sur l'hydrogéologie de la région. Seule l'hydrogéologie aux abords de la galerie Java, la plus importante, est détaillée ci-après.

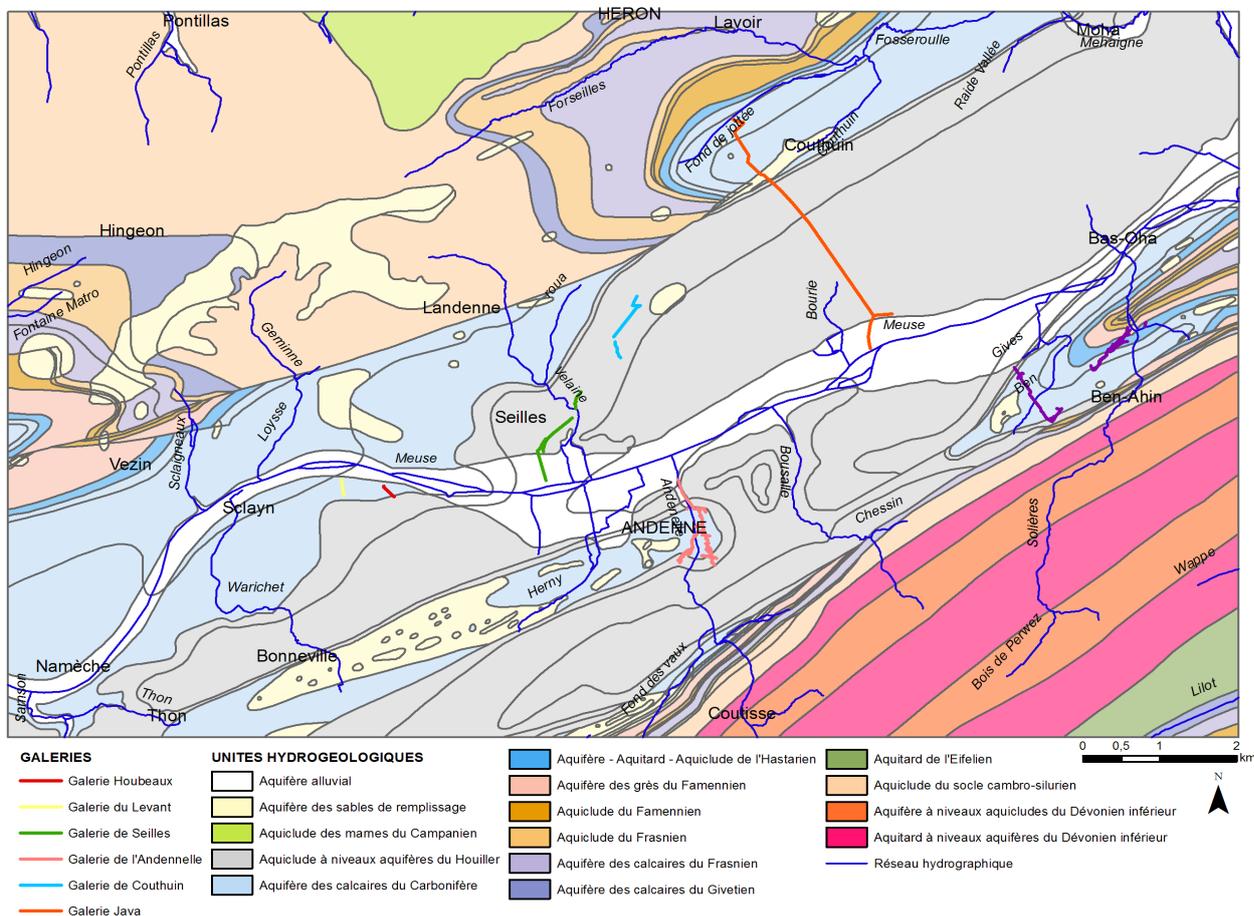


Figure IV.10: Localisation de quelques anciennes galeries de mines ou de carrières (exploitation ou accès)

IV.2.2.1 *Synclinal de Couthuin*

Le synclinal de Couthuin, situé au nord de la faille de Landenne, est surtout exploité par des puits de particuliers pour lesquels peu de données sont disponibles. La présence de la carrière de Moha et d'anciennes galeries de mines permet cependant de décrire l'hydrogéologie de cette entité.

Les anciennes galeries de mines, assez nombreuses dans la région, influencent localement l'écoulement des eaux souterraines, en particulier dans les calcaires. Le phénomène est observé pour la Galerie Java. Cette ancienne galerie, de 3200 m de long, est le dernier témoignage de l'activité de l'ancienne mine de fer de Couthuin. Elle part des rives de la Meuse pour rejoindre horizontalement les gisements de Couthuin à 80 m de profondeur dans

le synclinal calcaire de Couthuin. Cette galerie traverse d'abord le Houiller sur 2034 m et ensuite les terrains calcaires sur 1166 m. Une poche de sable et d'argile de 60 m a été observée dans les calcaires sur le passage de la galerie (Roelandts, 1993). Deux puits ont été réalisés sur la galerie en vue de l'exploitation des eaux pour la distribution publique d'eau potable. Ce projet, initialement prévu par la SWDE, a cependant été abandonné en raison de la mauvaise qualité des eaux transitant par la galerie. Cette galerie draine vers la Meuse les eaux logées dans la nappe du synclinal calcaire de Couthuin. En son absence, l'écoulement naturel des eaux souterraines de cet aquifère se ferait préférentiellement vers la carrière, en rive droite de la Meuse. Dans ce synclinal, la Meuse est à la cote d'environ + 80 m tandis que les fosses Carmeuse, en rives gauche et droite, sont à la cote minimale d'environ + 60 m.

Dans ce même synclinal, les piézomètres Pz2-Moha et Couthuin-Jottée sont forés dans les calcaires du Carbonifère au nord de la faille Bordière (figure IV.8). Des relevés du niveau d'eau y ont été effectués (figure IV.11). Le premier est contrôlé par la société Carmeuse dans le cadre de l'exploitation de la carrière de Moha. Sa profondeur exacte est de 164 m. Les niveaux piézométriques disponibles pour cet ouvrage concernent la période du 7/05/2007 au 21/12/2009. La période des hautes eaux s'étend de mars à mai (printemps) et celle des basses eaux d'octobre à décembre (automne-début de l'hiver). L'exhaure de la carrière de Moha est relativement constante avec un volume annuel prélevé de 70 000 m³. Le débit total d'exhaure est régulier et est évalué à 7,9 m³/h pour le niveau actuel de la fosse d'extraction (la cote de la fosse n'a cependant pas été communiquée). Le second piézomètre fait partie du réseau de surveillance mis en place par le Service Public de Wallonie (Direction des Eaux Souterraines). Sa profondeur est de 80,89 m. Les fluctuations saisonnières du niveau piézométrique de cet ouvrage sont, sur la période d'observation, irrégulières. Les hautes eaux ont lieu au printemps ou, certaines années, en été. Les basses eaux ont lieu fin automne-début hiver. Une nette diminution du niveau d'eau est observée entre juillet 2009 et décembre 2012. Depuis le niveau piézométrique remonte. Ces variations pourraient marquer une cyclicité interannuelle. Cette hypothèse reste à confirmer à l'avenir, avec un historique de mesures plus grand.

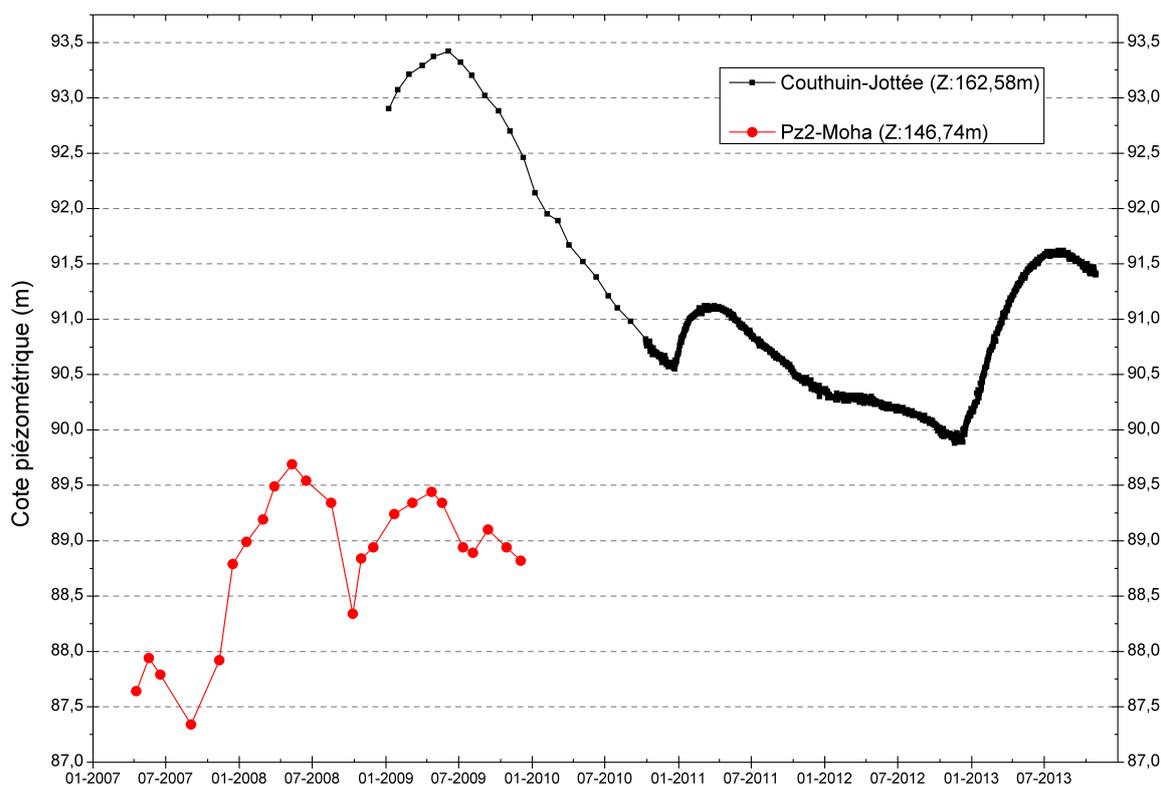


Figure IV.11: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère du Synclinal de Couthuin. Forages Pz2-Moha et Couthuin-Jottée

IV.2.2.2 Calcaires du bord de Meuse

De nombreux ouvrages souterrains sont implantés dans l'aquifère des calcaires du bord de Meuse: des captages de distribution publique d'eau potable, des puits en carrières (exhaure et piézomètres) et de nombreux puits (particuliers ou entreprises). La nappe logée dans les calcaires est généralement libre, sauf sous les terrains peu perméables du Houiller où elle est souvent captive. Cependant, au sud de la Meuse, il a été constaté que la nappe des calcaires carbonifères possédait par endroits un caractère libre même sous les schistes et grès du Houiller (Brouyère *et al.*, 2009). Ce phénomène particulier provient du fait que la nappe des calcaires est fortement drainée par la Meuse, lui imposant un rabattement important. Ce rabattement confère donc à la nappe un caractère libre.

La coupe hydrogéologique, présentée sur le poster, passe par cette entité hydrogéologique. Le niveau piézométrique dans les calcaires du Carbonifère y est reporté. Les zones sous le Houiller où la nappe est libre y sont visibles.

De manière générale, le niveau de la nappe des calcaires carbonifères augmente assez rapidement après les précipitations. Un décalage existe, cependant, entre les pics

piézométriques et les pics d'eau utile⁹ pour la partie de la nappe recouverte par les terrains du Houiller. Le retard de la remontée du niveau de la nappe par rapport aux pics d'eau utile est dû au fait (1) que l'eau des précipitations doit traverser les formations schisteuses moins perméables avant d'atteindre la nappe des calcaires ou/et (2) que l'eau qui alimente cette nappe provient de zones de recharge plus éloignées.

Zone sud – Rive droite

Les piézomètres de Bois et de Rouire, situés dans le bois de Friet, ont fait l'objet d'un suivi piézométrique pour l'étude de l'extension de la carrière de Marchempré appartenant au groupe Lhoist. Ces piézomètres, de respectivement 100 m et 107 m de profondeur, se situent dans les calcaires du Carbonifère au sud de la Meuse (figure IV.8). Les mesures disponibles s'étendent sur la période du 18/06/2003 au 09/01/2007 (figure IV.12). Les fluctuations saisonnières sont plus importantes lorsque l'on s'éloigne de la Meuse, l'influence de celle-ci diminuant avec la distance. La cote moyenne de la Meuse est comprise entre 70 et 73 m dans cette zone. Les niveaux de basses eaux en automne-hiver et de hautes eaux au printemps-été sont bien visibles. Il y a un léger décalage du niveau de la nappe par rapport aux pics d'eau utile. Il est approximativement de un mois. La zone d'infiltration alimentant la nappe des calcaires du Carbonifère étant constituée en partie des schistes du Houiller, l'eau de la recharge met donc un temps plus long à atteindre la nappe sous la couverture constituée de ces terrains peu perméables. Le début des chroniques piézométriques présentées à la figure IV.12 est marqué, pour les deux puits, par une diminution des niveaux d'eau. La tendance à la baisse semble se stabiliser par la suite.

L'ouvrage "IMP ancien puits" est un puits de 90 m de profondeur exploitant les calcaires du Carbonifère sous les schistes du Houiller (figure IV.8). Sur base des données disponibles un décalage entre le niveau de la nappe et les pics d'eau utile s'observe également. Le décalage est alors approximativement de 2 mois (figure IV.12). Ce phénomène étaye le rôle des terrains schisto-gréseux du Houiller sur le retard à l'infiltration. La nappe à cet endroit est supposée libre. L'absence de logs géologiques ne nous permet cependant pas de valider cette hypothèse.

⁹ Le terme "eau utile" désigne en réalité la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration réelle (EU= P-ETR). L'eau utile représente donc théoriquement la quantité d'eau disponible pour le ruissellement et l'infiltration.

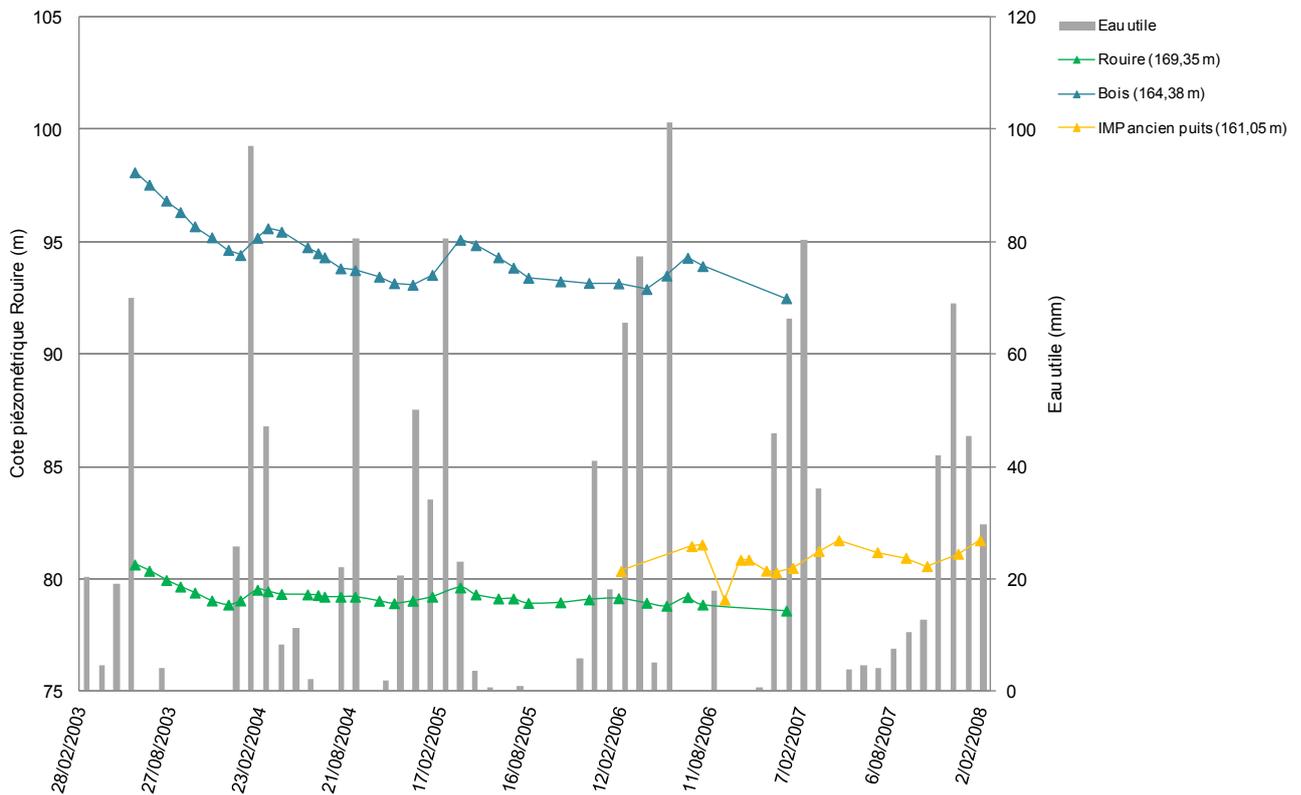


Figure IV.12: Evolution piézométrique de la nappe des calcaires du Carbonifère au niveau des ouvrages de Rouire, Bois et IMP ancien puits

Zone nord – Rive gauche

Au nord de la Meuse, la carrière de Seilles, exploitée par Carmeuse, est une des plus importantes de la région (voir [chapitre III.2.1](#)). Son exhaure moyenne annuelle est de $2,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$. L'impact de cette carrière sur l'hydrogéologie locale est marqué. Dans le cadre de l'extension de la carrière (bois de Siroux), trente-neuf piézomètres de contrôle ont été implantés sur le site afin de mieux connaître le contexte hydrogéologique (figure IV.13). Suite à l'évolution de la carrière (extension de la fosse d'extraction), certains forages ont été détruits. Des relevés piézométriques sont effectués sur plusieurs forages. Cependant, leur grande variabilité, dans le temps et dans l'espace, rend difficile l'établissement d'une carte piézométrique.

Dans la même zone, se situe le captage Tramaka de la SWDE, ancienne galerie de mine (fer, plomb et zinc). Cette galerie, située à 20 m de profondeur (longueur incertaine), est creusée dans les schistes houillers mais les galeries qui l'alimentent sont creusées dans les calcaires viséens. Cette prise d'eau n'est plus en activité aujourd'hui. Lors de son exploitation, la galerie imposait un potentiel piézométrique à 98,2 m (Ecofox, 1998). Néanmoins, les six piézomètres associés sont encore contrôlés annuellement (figure IV.14). Malheureusement, la cyclicité ou non des fluctuations du niveau d'eau, tant saisonnière que pluriannuelles, ne peut être déduite de ces données. On observe néanmoins que les variations piézométriques de ces trois ouvrages ont la même allure.

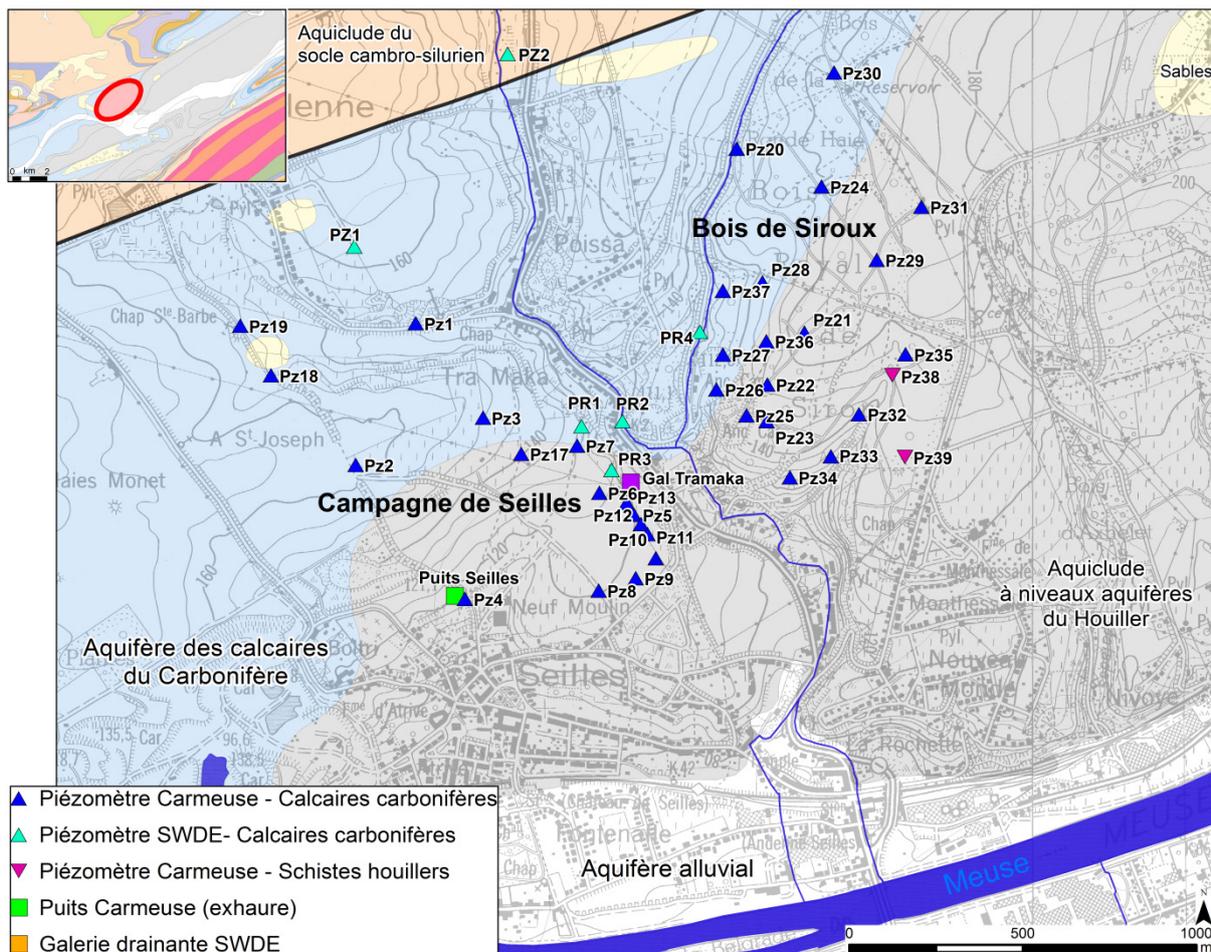


Figure IV.13: Localisation des piézomètres 'Carmeuse' des sites 'Campagne de Seilles' & 'Bois de Siroux' et des forages 'SWDE' du site Tramaka (Andenne)

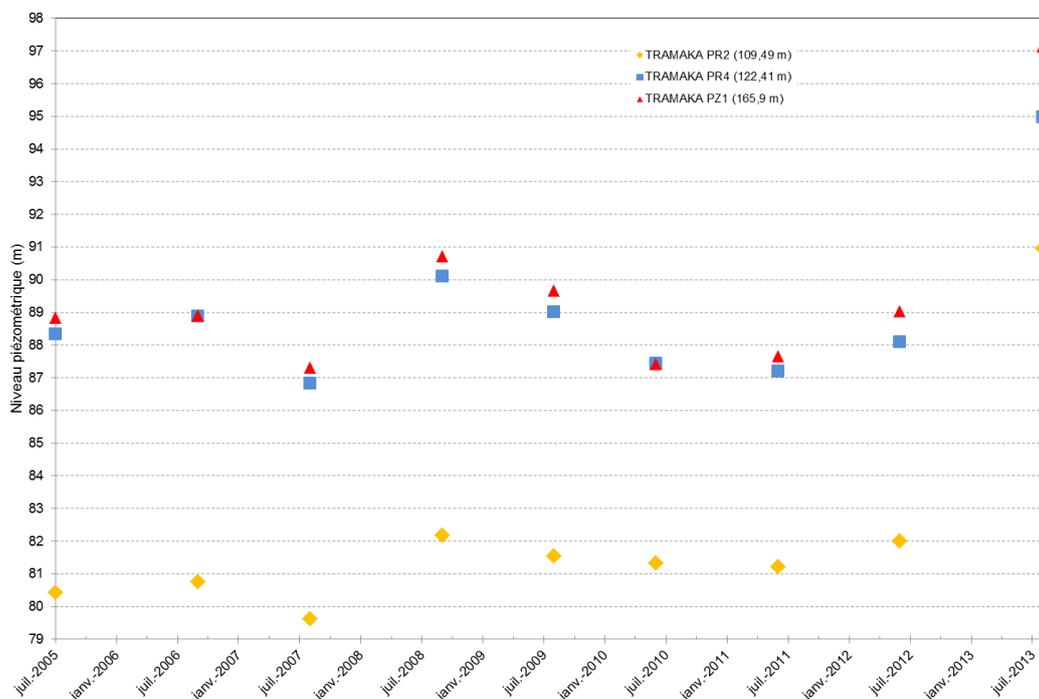


Figure IV.14: Evolution piézométrique de la nappe des calcaires du Carbonifère au niveau des ouvrages de Tramaka

Quelques chroniques piézométriques relevées sur les forages du site 'Campagne de Seilles' de Carmeuse sont présentées sur la figure IV.15. D'après ces données, les piézomètres Pz2 et Pz19 ne sont pas ou peu influencés par la carrière, sans doute dû à leur éloignement de la fosse et/ou à leur position dans un banc de calcaires peu fissurés. Les piézomètres Pz3 et Pz18, également distants de la fosse d'extraction, présentent un comportement atypique. Leur cote piézométrique est nettement plus basse (avec une profondeur d'eau variant entre 65 et 78 m). Différents paliers piézométriques sont observés pour ces deux puits. Des informations complémentaires sur les ouvrages, les conditions de mesure, les éventuels travaux (pompages ?) dans la zone sont nécessaires pour les expliquer. Les autres forages, tous situés dans le périmètre immédiat de la carrière, présentent une évolution piézométrique générale assez semblable. La cote piézométrique la plus basse est observée au forage Pz4. Vu le gradient piézométrique régional, cet ouvrage est situé dans la partie aval de la nappe. De plus, il est proche de la fosse d'extraction (influence du pompage d'exhaure). Dans le cadre de l'extension de l'exploitation du gisement de calcaires, la société CARMEUSE a confié à ECOFOX la réalisation d'une étude hydrogéologique scientifique approfondie (Ecofox, 1998). Différentes actions ont été menées. Dans la zone 'Campagne de Seilles', des failles transversales, non reprises sur la carte géologique, ont été mises en évidence par la prospection géophysique. Dès lors Ecofox a entrepris d'étudier l'effet potentiel d'un éventuel compartimentage hydrogéologique par ces failles dans cette zone. Leur analyse des chroniques piézométriques (1992 à 1998) indique que l'évolution générale de la piézométrie semble apparemment peu influencée par les failles. Cette conclusion est corroborée par les données piézométriques récentes présentées ci-dessous.

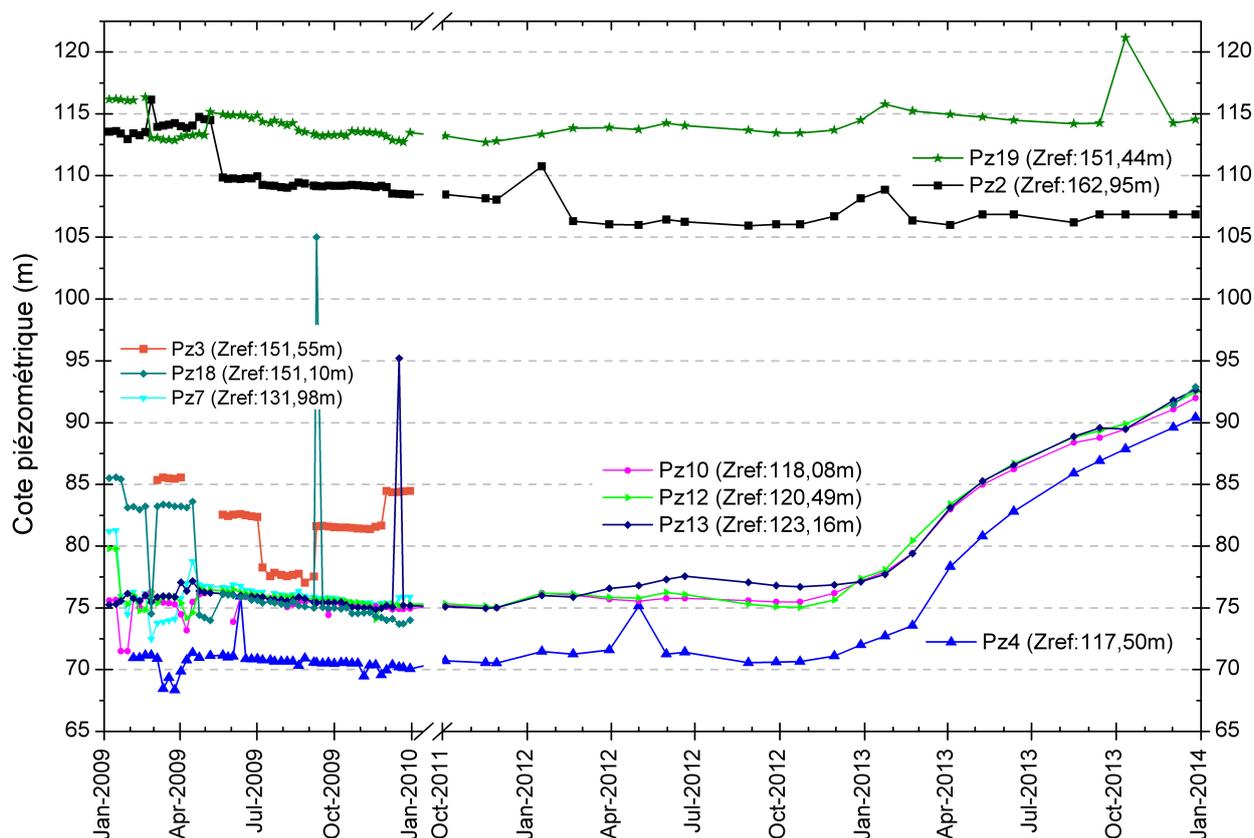


Figure IV.15: Evolution piézométrique de la nappe des calcaires du Carbonifère au niveau du site 'Campagne de Seilles' (source: Carmeuse sa)

Les niveaux d'eau dans les forages du Bois de Siroux sont aussi régulièrement relevés par Carmeuse (figure IV.16). Le sens d'écoulement des eaux souterraines est globalement dirigé vers le sud, en direction de la Meuse qui constitue le niveau de base de la nappe des calcaires carbonifères. Quelques perturbations locales dues à des phénomènes karstiques localisés, à la proximité de la fosse de la carrière, à bancs de calcaires plus fracturés ou plus compacts (conductivité hydraulique variable) sont observées. Toutes les chroniques piézométriques, excepté celle du piézomètre Pz35, ont la même allure. Les basses eaux ont lieu en période hivernale, les eaux hautes en période estivale. Cette cyclicité saisonnière est parfois décalée selon le puits considéré. L'amplitude saisonnière est comprise entre 5 et 10 m. Le comportement du piézomètre Pz35 se détache nettement des autres ouvrages. Le niveau d'eau dans ce forage est relativement stable. Sur la période 2002-2007, il fluctue de maximum 4 m. Ce puits a une profondeur de 139,4 m. Avant d'atteindre les calcaires, il traverse environ 77 m de terrains schisto-gréseux du Houiller. La nappe logée dans les calcaires est nettement captive au droit de cet ouvrage. Quelques mesures prises en 2013 indiquent un niveau piézométrique très inférieur (cote à environ 97 m). En l'absence de données entre 2007 et 2013 ainsi que de données sur les activités de la carrière, la raison de cette chute piézométrique ne peut être expliquée.

Comme sur les chroniques des puits de Campagne de Seilles, une remontée du niveau d'eau est observée dès février 2013. Une diminution des débits pompés, combinée à des précipitations plus abondantes, explique peut-être cette hausse piézométrique généralisée (sur les ouvrages influencés par les carrières). Un complément de données, météorologiques et sur l'exploitation des carrières, permettrait de lever le voile.

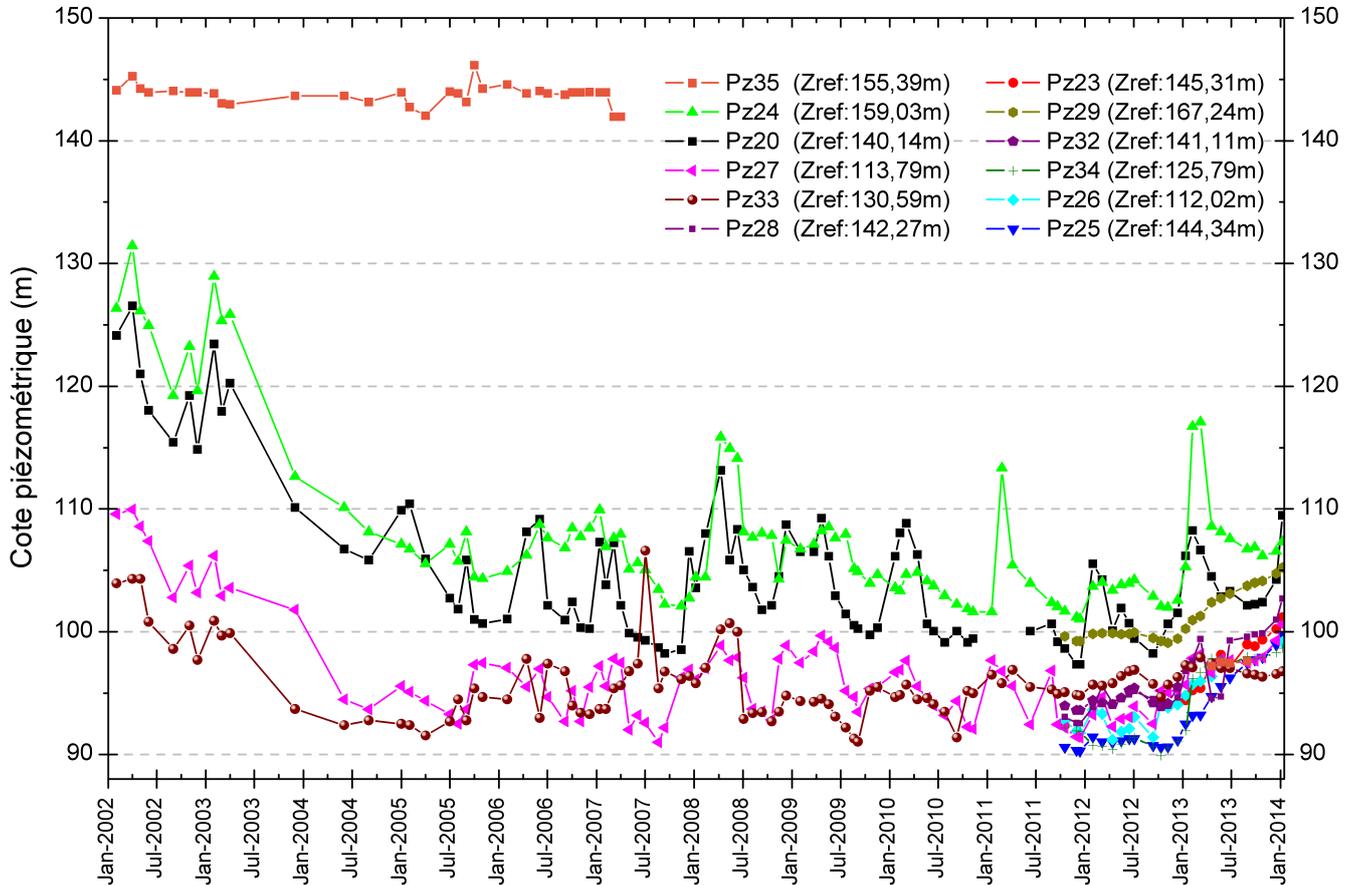


Figure IV.16: Evolution piézométrique de la nappe des calcaires du Carbonifère au niveau du site 'Bois de Siroux' (source: Carmeuse sa)

L'épaisseur et la nature des terrains de couverture vont également influencer les variations piézométriques. Une analyse croisée des courbes piézométriques de 1997 du site 'Campagne de Seilles' avec l'épaisseur des stériles a permis de définir le caractère libre ou captif de la nappe. Les forages implantés dans la nappe libre présentent de brusques variations du niveau d'eau. Celles-ci sont moins marquées pour les piézomètres sollicitant la nappe captive (Ecofox, 1998). On constate aussi que le caractère captif n'est pas permanent. En effet, localement la nappe des calcaires sous les schistes du Houiller peut être tantôt libre, tantôt captif (tableau IV.2).

Tableau IV.2: Récapitulatif des données piézométriques et informations géologiques – Campagne de Seilles & Bois de Siroux à Andenne (source: Carmeuse)

Période d'observation: de 2002 ou 2009 à 2014 (voir graphiques)					
	Moyenne (m)	Minimum (m)	Maximum (m)	Cote du toit des calcaires (m)	Epaisseur des stériles (m)
Pz2	109,65	105,95	116,15		
Pz3	81,68	77,05	85,55		0 - 20
Pz4	72,50	68,36	90,40		0 - 20
Pz7	76,02	72,48	81,28		0 - 20
Pz10	76,79	71,48	91,98	54,13	60 - 80
Pz12	77,23	74,09	92,49		> 80
Pz13	77,51	74,86	95,20	61,16	60 - 80
Pz17	78,75	73,90	92,10		0 - 20
Pz18	78,46	73,68	105,02		
Pz19	114,09	112,69	121,14		
Pz20	105,01	97,34	126,54	139,14	
Pz23	97,38	92,36	101,16	84,31	
Pz24	107,98	101,03	131,43	116,03	
Pz25	93,29	90,29	99,79	83,34	
Pz26	93,93	91,22	99,17	112,02	
Pz27	96,52	90,99	109,94	113,79	
Pz28	96,21	92,52	102,67	101,27	
Pz29	101,13	99,09	105,24	106,14	
Pz30	124,82	110,85	144,15	162,30	
Pz32	94,37	93,61	95,51	49,20	
Pz33	95,84	91,05	106,60	26,99	
Pz34	93,83	89,90	98,65	35,99	
Pz35	138,73	97,19	146,13	78,49	

A l'ouest de la carrière 'Campagne de Seilles' de Carmeuse, la SWDE exploite l'aquifère des calcaires carbonifères à partir d'un large puits (diamètre: 6 m), profond de 34,5 m permettant l'accès à un réseau de galeries: P1-Dumont. Il s'agit d'une ancienne exploitation souterraine de plomb et zinc (société 'Dumont' à Sclaigneaux). Une étude hydrogéologique y a été menée dans le cadre de l'établissement des zones de prévention (SWDE, 2003b & 2004). L'interprétation de la prospection géophysique (électrique et sismique) mentionne une série de fractures importantes, orientées selon deux directions distinctes NW-SE et NE-SW. Ces fractures constituent très probablement des axes préférentiels pour l'écoulement des eaux souterraines. La présence de phénomènes karstiques a également été mise en évidence tels que des poches de dissolution. 6 forages ont été réalisés autour du captage. Les différents tests menés sur le site montrent une grande hétérogénéité de l'aquifère. Les conductivités hydrauliques calculées sont très variables d'un ouvrage à l'autre, suivant que l'on se trouve dans la vallée ou sur les versants, que l'on se trouve à proximité ou sur le karst (K est compris entre 10^{-3} à 10^{-6} m/s; détails au [chapitre VII.2](#)). Hydrochimiquement, des variations

sont observées. Selon le puits, l'eau prélevée est plus ou moins chargée en Pb et Zn, en nitrates. Les traçages dont 2 sur 3 ont abouti (2 traceurs détectés au puits P1-Dumont). Les vitesses de transfert mesurées montrent également l'hétérogénéité de l'aquifère (présence ou non de conduits karstiques, de zones plus fracturées). L'écoulement souterrain naturel au sein de l'aquifère des calcaires est dirigé vers la Meuse, exutoire de la nappe. Les résultats collectés indiquent que le captage influence localement la piézométrie de la nappe. En effet, les quelques cotes piézométriques (voir carte hydrogéologique principale) et les essais de traçage montrent que le captage rabat la nappe. Sur base des essais de terrain et de la modélisation, il apparaît que les zones d'alimentation de la prise d'eau sont les galeries de la mine de plomb (donc l'aquifère des calcaires) mais également la plaine alluviale de la Meuse. A ce titre, il est dès lors très important de continuer, avec assiduité, la surveillance environnementale du site " Carrières et fours de Sclaigneaux" (SPAQuE) situé directement au sud dans la plaine alluviale et de prendre si nécessaire les mesures adéquates pour éviter toute contamination du captage (voir [chapitre V.5](#)).

IV.2.2.3 *Anticlinal de Bonneville*

Deux captages de la SWDE et leurs piézomètres associés sont implantés dans les calcaires du Carbonifère de l'anticlinal de Bonneville, la Fontaine Ste Begge et la Fontaine de l'Ours (figures IV.8 & IV.17). Il s'agit de deux sources à l'émergence donc des prises d'eau par écoulement gravitaire ne perturbant pas l'écoulement naturel des eaux souterraines. Un essai multi-traçage a été mené en juillet 2002 au départ des forages PR3 et PR4 (SGS; 2003a). Aucune restitution franche n'a été observée dans les prises d'eau de la SWDE. Au plus, quelques anomalies dans l'allure des courbes sont observées. Un monitoring, sur 6 mois, du débit des prises d'eau et des niveaux piézométriques dans les forages, ainsi que des paramètres physico-chimiques a permis de mieux comprendre le fonctionnement hydrogéologique de ces captages (SGS, 2003a). *La 'Fontaine Ste Begge' s'alimente exclusivement sur des eaux souterraines profondes et est peu sensible aux influences superficielles. La constance des paramètres mesurés (débit, température, conductivité) en est le témoignage direct. Elle ne semble donc pas présenter une vulnérabilité importante. La 'Fontaine de l'Ours' s'alimente sur les eaux nettement moins profondes et est extrêmement sensible au régime pluviométrique. On constate des infiltrations ultra rapides d'eaux superficielles lors des épisodes pluvieux. Compte tenu de la profondeur relativement importante à laquelle se trouve la nappe phréatique et la nature de l'aquifère, ces infiltrations pourraient se faire via des phénomènes karstiques diffus ou ponctuels (pertes). La vulnérabilité de cette prise d'eau à des contaminations présentes en surface est donc très importante. L'examen des phénomènes karstiques à proximité de la 'Fontaine de l'Ours' a permis de localiser plusieurs pertes qui pourraient être la cause des variations de son débit:*

- *le ruisseau d'Hermi semble effectivement subir des pertes diffuses dans son lit dont l'importance serait similaire aux variations de débit à la prise d'eau;*
- *une perte totale a été constatée pour un affluent latéral du ruisseau d'Hermi. Cette perte aboutit probablement dans une petite résurgence le long du ruisseau d'Hermi. Une partie du ruisseau infiltré pourrait cependant migrer plus en profondeur jusqu'à la nappe phréatique;*
- *une doline importante, localisée dans la vallée d'un petit ruisseau au lieu-dit 'Stû', semble être le siège d'infiltrations diffuses lors de fortes pluies. (SWDE, 2003).*

Le forage PR1 fait partie du réseau de surveillance piézométrique du SPW (DGARNE-DESO). Sur la chronique de mesures présentées, le niveau piézométrique a diminué d'environ 4 m (figure IV.18). Cette diminution piézométrique fait-elle partie d'un cycle pluriannuel ou est-ce une baisse du niveau d'eau de la nappe ? L'historique des données est trop court pour pouvoir statuer sur cette tendance à la baisse. L'analyse du cycle saisonnier indique que les basses eaux se présentent en automne, les hautes eaux au printemps. L'amplitude saisonnière est d'environ 1 à 2 m.

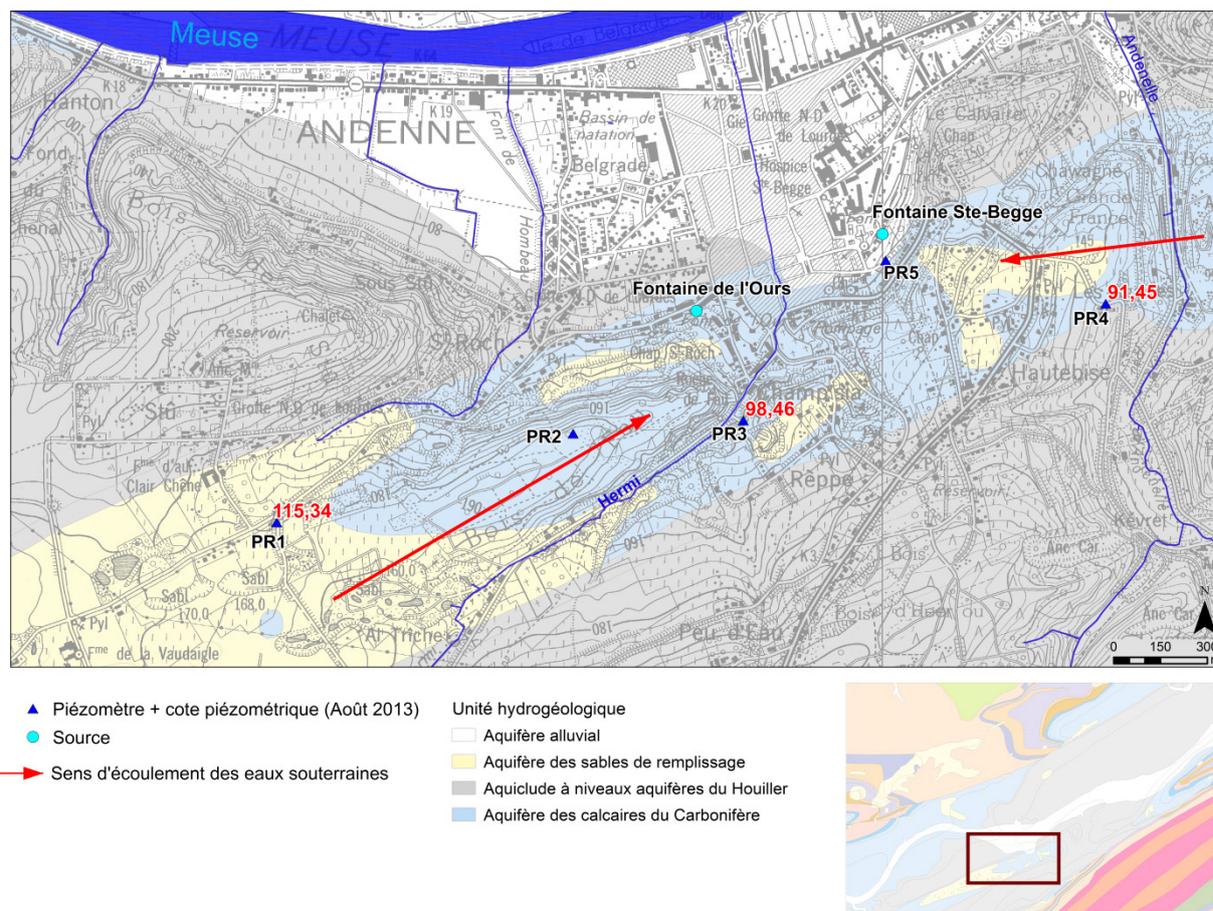


Figure IV.17: Anticlinal de Bonneville – Captages 'Fontaine de l'Ours' & 'Fontaine Ste-Begge'

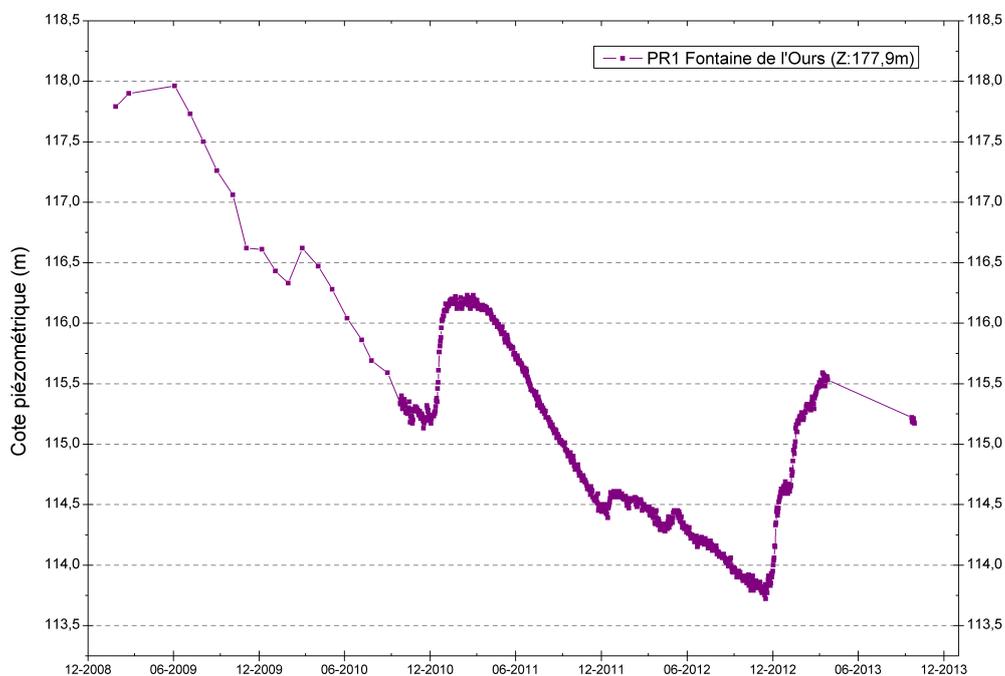


Figure IV.18: Evolution piézométrique de la nappe des calcaires du Carbonifère au droit du forage PR1-Fontaine de l'Ours – Anticlinal de Bonneville

IV.2.2.4 Phénomènes karstiques

On observe dans la région d'Andenne-Couthuin de nombreux phénomènes karstiques. Une centaine d'entre eux a été recensée dans l'Atlas du karst wallon (CWEPPSS, 1996). Ces manifestations karstiques, en particulier les pertes (ou chantoirs), constituent des points d'infiltration préférentiels des eaux de surface vers les eaux souterraines (figure IV.19).

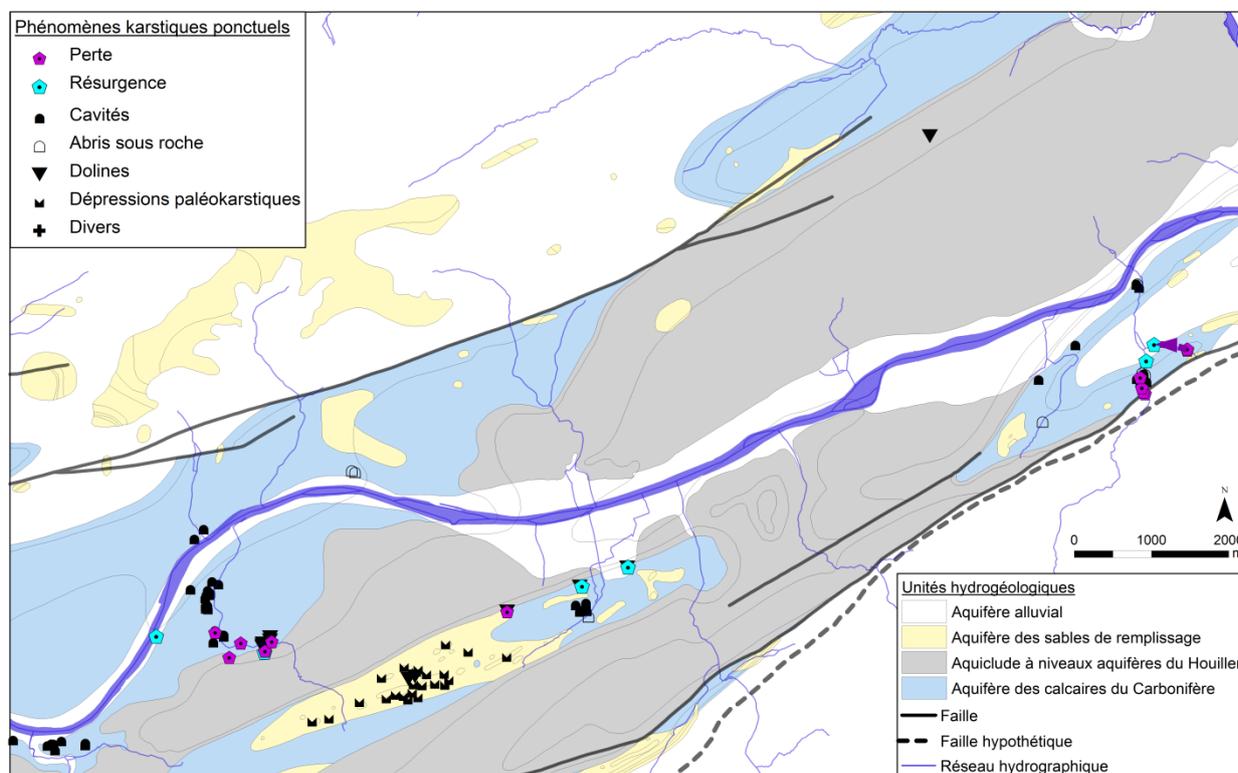


Figure IV.19: Localisation des phénomènes karstiques situés sur la carte d'Andenne-Couthuin

Quelques sites karstiques ont fait l'objet d'investigations. Ci-dessous, les résultats sont décrits selon un cheminement d'ouest en est.

Près des localités de Sclayn et Bonneville, une circulation souterraine préférentielle a été mise en évidence et étudiée (figure IV.20). Les phénomènes hydrogéologiques suivants sont constatés:

- la résurgence de Marchempré est le point d'aboutissement dans la Meuse d'un conduit karstique actif.
- les chantoirs de Chaudin et de Bonneville constituent la tête du réseau karstique et une partie de ce réseau a pu être observé au Gouffre de Sclayn.

Trois essais de traçage simultanés ont été réalisés pour mettre en évidence le réseau hydrogéologique karstique et examiner les risques de contamination des eaux de la nappe (voir chapitre VII.1). Ils ont permis de constater que l'écoulement karstique est majoritairement de direction est-ouest. Plus précisément, l'axe Chaudin-Marchempré

constitue le conduit karstique principal dans lequel les eaux en provenance du chantoir de Bonneville viennent se jeter en tant qu'affluent de plus faible débit. Le traçage a, en outre, démontré que très peu d'échanges existaient entre la nappe et le conduit karstique testé. Cependant, cela n'exclut pas l'existence d'autres axes de drainage (Tractebel, 2005).

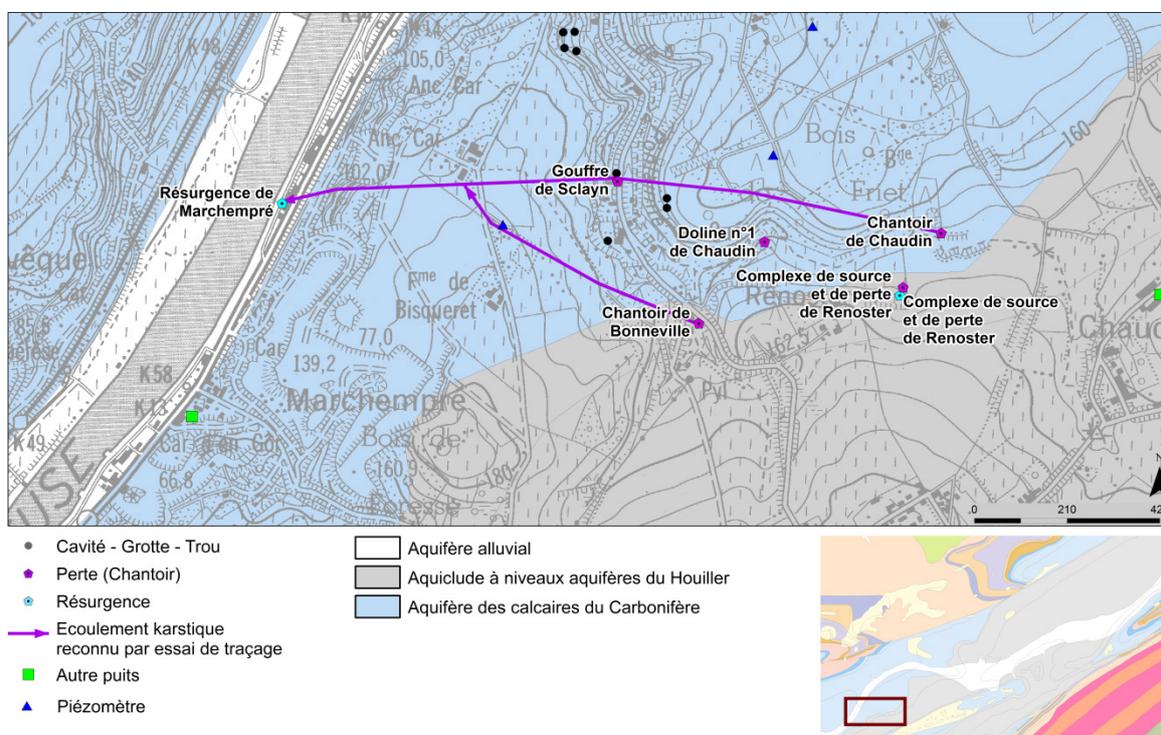


Figure IV.20: Site de Marchempré : étude des phénomènes karstiques

D'autres écoulements préférentiels souterrains dans les formations calcaires du Carbonifère sont supposés dans la région.

Près d'Andenne, deux émergences actuellement exploitées pour la distribution publique d'eau potable sont connues: la Fontaine de l'Ours et la Fontaine Sainte Begge (figure IV.21). Des contrôles réguliers de ces ouvrages ont été réalisés pendant six mois entre janvier et juillet 2002. La doline de Stü semble être le siège d'infiltrations diffuses lors de fortes pluies. Le ruisseau d'Herminie semble également subir des pertes. Une partie importante du débit de ce ruisseau pourrait alors s'écouler en profondeur avec comme point de résurgence la Fontaine de l'Ours (SGS, 2003a).

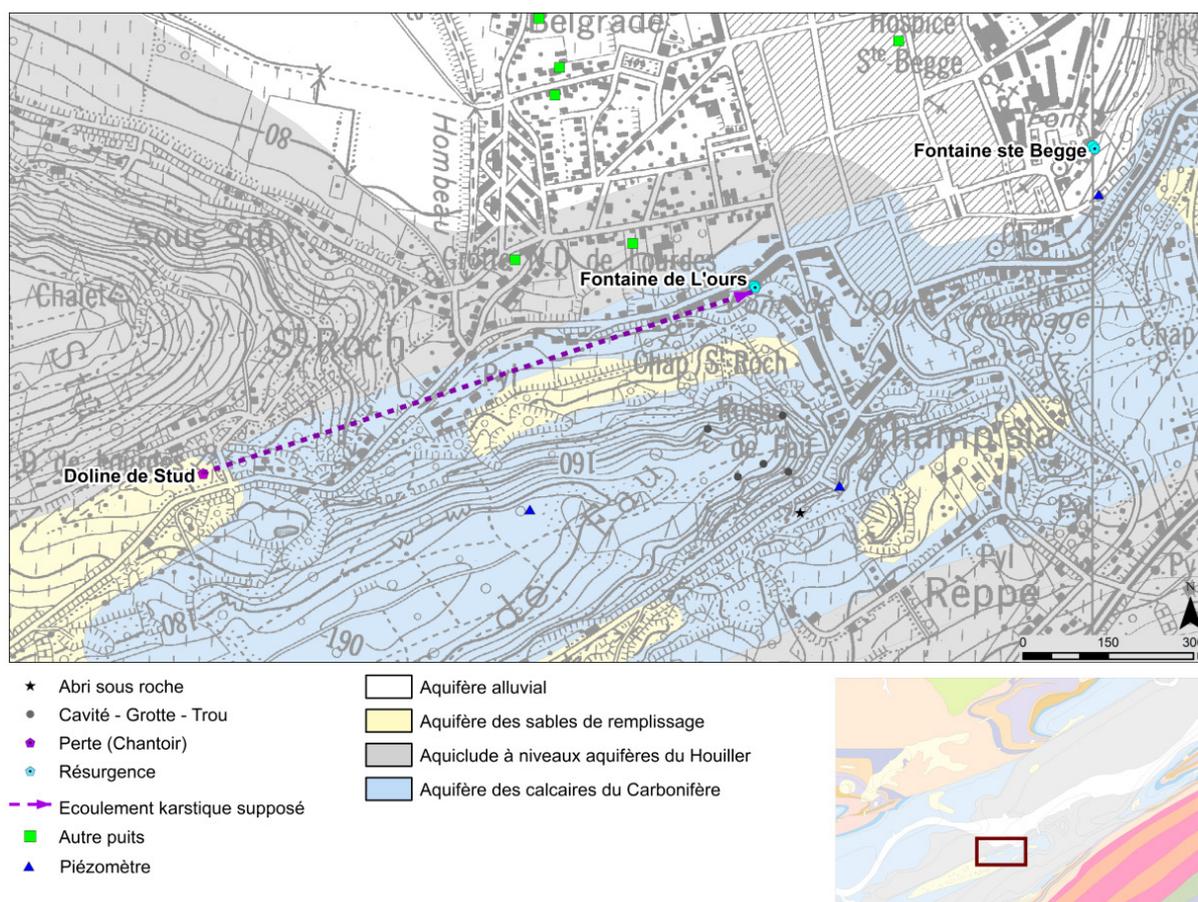


Figure IV.21: Phénomènes karstiques au sud d'Andenne et alimentation supposée de la source de la Fontaine de l'Ours

Enfin, dans la localité de Ben-Ahin, le ruisseau de la Solière se perd dans les calcaires du Carbonifère à travers toute une série de pertes et ressort en aval via la résurgence de la Poudrerie (figure IV.22). Un essai de traçage a été réalisé en 1912 à partir du point de perte (Perte de Solière n°2) pour mettre en évidence le conduit karstique. La distance est de 240 m et le temps d'arrivée modal est de 70 minutes. Les autres données de cet essai ne sont pas disponibles (CWE PSS, 1996).

De même, un écoulement karstique est supposé entre les pertes du ruisseau du Bois Mélar et la résurgence du même nom (figure IV.22). Ces conduits karstiques drainent les calcaires du Carbonifère avec un écoulement préférentiel vers l'ouest et prennent fin dans les couches de l'Hastarien caractérisé par des formations plus argileuses.

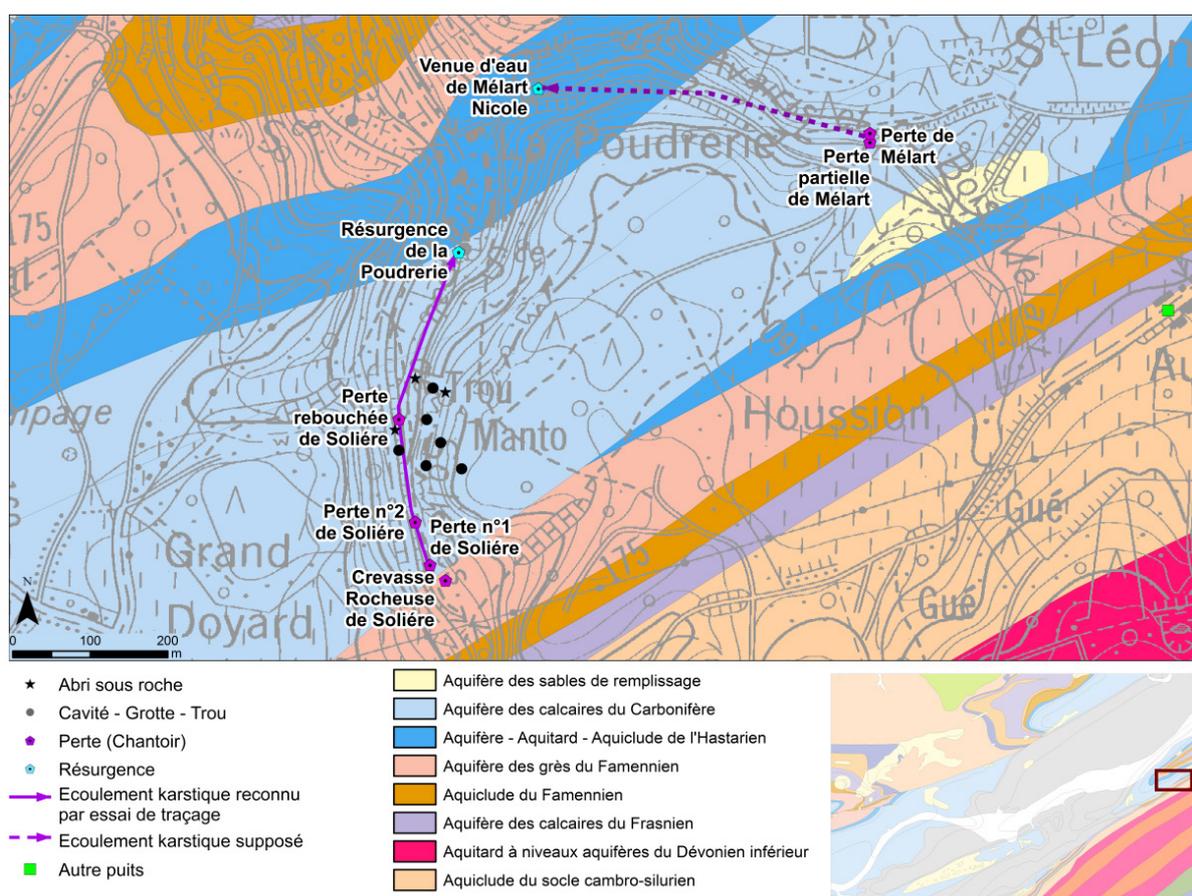


Figure IV.22: Pertes des ruisseaux de la Solière et du Bois Mélar à Ben-Ahin

IV.2.3 Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

Seules quelques prises d'eau de particuliers exploitent l'aquiclude à niveaux aquifères du Houiller. Trop peu de données sont disponibles pour tracer une carte piézométrique et pour décrire précisément le comportement de cette unité hydrogéologique. Quelques mesures piézométriques ponctuelles relevées sur ces ouvrages sollicitant cette unité hydrogéologique sont reprises sur la carte principale du poster. La figure IV.23 illustre la situation dans la région de Bonneville. Les niveaux piézométriques mesurés sont plus élevés dans le Houiller que dans les calcaires du Carbonifère, en raison des différences de conductivité hydraulique entre ces terrains. Il est également probable que ces niveaux hauts marquent la présence d'une nappe perchée dans le manteau d'altération des terrains du Houiller. Ces nappes perchées, de faible capacité, alimentent la nappe des calcaires situés en contrebas, par ruissellement, notamment via le ruisseau de Warichet, puis par infiltration (Lizin, 2006).

Rappelons aussi que la galerie Java, qui draine le synclinal calcaire de Couthuin, au nord de la Meuse, traverse les terrains du Houiller sur 2034 m. Cette importante galerie draine donc probablement en partie les eaux de l'aquiclude à niveaux aquifères du Houiller. De plus, d'autres anciennes galeries de mines traversent aussi les terrains du Houiller. L'impact de

ces galeries sur l'hydrogéologie locale est supposé mais le manque de données ne nous permet pas de la décrire de manière complète.

Les terrains du Houiller ont jadis été exploités pour leurs ressources minérales. Les travaux d'extraction de la houille se faisait par galeries et par puits. Quelques vestiges de cette activité passée sont encore visibles ici et là sur le territoire de la carte Andenne-Couthuin, comme par exemple dans la région de Groyne dans le sud-ouest de la carte.

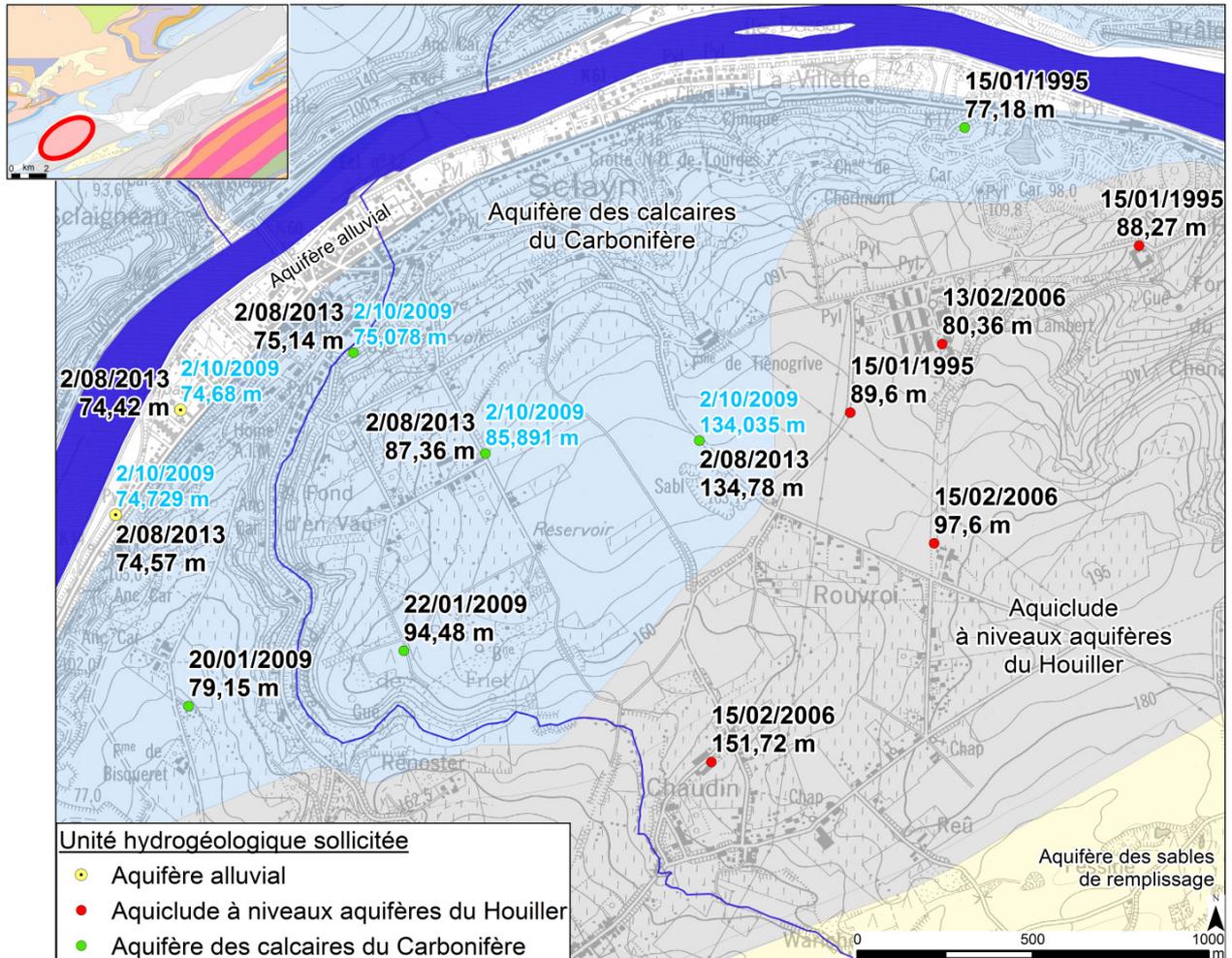


Figure IV.23: Cotes piézométriques des ouvrages situés dans la localité de Bonneville

IV.2.4 Aquifère des sables de remplissage

L'aquifère des sables de remplissage (Oligocène) est exploité au niveau de la grande lentille de sable située au nord de la faille de Landenne reposant sur le socle cambro-silurien. Quelques captages de particuliers et un captage de distribution publique d'eau potable sont implantés dans cet aquifère. Le captage de Gemine, appartenant à VIVAQUA, consiste en une galerie drainante peu profonde. Sur base des données disponibles, aucun piézomètre n'est cependant implanté dans ces sables. Les données concernant l'hydrogéologie de cet aquifère sont trop peu nombreuses pour tirer des conclusions.

Bien que ne disposant d'aucune donnée permettant une description explicite de l'aquifère des sables cénozoïques, rappelons que les nappes logées dans ces terrains servent de tampon entre les précipitations et l'alimentation des aquifères sous-jacents. Les eaux précipitées atteignent les unités hydrogéologiques sous la couverture sableuse par drainance *per descensum*. Les dépôts sableux, localisés sur les roches carbonatées du Dévonien et du Carbonifère de part et d'autre de la Meuse, sont des placages sableux comblant des paléokarsts. Ils peuvent être le siège de petites nappes locales, perchées et souvent temporaires en présence d'une couche argileuse à la base (argile de décalcification). Sur un substrat plus perméable, ces lambeaux sableux jouent un rôle de filtre des eaux précipitées vers les nappes calcaires sous-jacentes.

IV.2.5 Coupes hydrogéologiques

Deux coupes, tracées sur un même axe horizontal, illustrent la situation géologique et hydrogéologique en profondeur de la carte Andenne-Couthuin. Ces coupes hydrogéologiques sont orientées NNW-SSE. L'une des coupes est dessinée sans facteur d'exagération des hauteurs (1/1). L'échelle horizontale et l'échelle verticale sont au 1/25.000. Sur l'autre coupe, un facteur d'exagération des hauteurs (X5) permet une meilleure visibilité tant des unités hydrogéologiques que des niveaux piézométriques reportés sur la coupe. L'échelle horizontale reste identique, 1/25.000, tandis que l'échelle verticale est 1/5.000. Le contexte géologique de la zone traversée par la coupe reprend pratiquement tous les terrains présents sur la carte, excepté les terrains du Dévonien appartenant au Synclinorium de Dinant. La localisation du trait de coupe a été choisie de manière à illustrer au mieux le contexte structural régional et à exploiter au maximum les données piézométriques disponibles des aquifères.

D'un point de vue hydrogéologique, sur le tracé de la coupe, les niveaux d'eau mesurés montrent un système hydrogéologique continu dans les calcaires du Carbonifère, le Houiller et la nappe alluviale. Le niveau piézométrique est fortement influencé par la Meuse et reste fort bas. Cela se remarque surtout dans les terrains au sud de la Meuse. On ne dispose malheureusement pas d'assez de données piézométriques dans les terrains au nord de la faille Bordière et dans ceux au sud de la faille de Bousalle pour y tracer le niveau piézométrique.

IV.2.6 Piézométrie de la carte Andenne-Couthuin

Les données piézométriques disponibles, au droit des ouvrages souterrains de la carte Andenne-Couthuin, ne permettent pas de tracer une carte piézométrique générale. Ainsi, sont reportées sur la carte principale des cotes ponctuelles du niveau d'eau, et localement quelques isopièzes. Pour quelques sites, en plaine alluviale, une carte piézométrique est présentée uniquement dans cette notice. L'échelle (1/25.000) de la carte principale combinée à la superposition avec les autres données rend la lecture de la piézométrie mal aisée.

Etant donné leur intérêt géologique (extraction de matériaux) et/ou hydrogéologique (ressource en eau souterrain), l'aquifère alluvial de la Meuse et l'aquifère des calcaires carbonifères ont particulièrement été étudiés. De nombreux forages y sont implantés. Plusieurs font l'objet de suivis piézométriques, détaillés dans les paragraphes précédents.

L'aquifère alluvial de la Meuse est en relation directe avec le fleuve. D'une manière générale, l'écoulement de la nappe alluviale de la Meuse est légèrement convergent vers le fleuve. Cette situation générale peut être perturbée en cas d'aménagement des berges. Tout changement du niveau de l'eau dans le fleuve induit une modification de l'équilibre Meuse-nappe alluviale et une variation de l'épaisseur saturée des graviers de la plaine alluviale. La rivière constituant l'exutoire de la nappe alluviale, les écoulements souterrains sont dirigés vers l'axe du fleuve. Comme présenté dans un chapitre précédent, en fonction de conditions locales particulières (pompages, barrage, crues...), la situation inverse peut parfois avoir lieu temporairement. Des données ponctuelles de niveau d'eau permettent de préciser localement la piézométrie de la nappe alluviale (sous-chapitre IV.2.1). L'étude de la carte piézométrique confirme l'apport d'eau souterraine via les versants. On y note aussi l'influence des pompages au droit de puits d'exploitation. Localement et temporairement, la Meuse est infiltrante (alimentation de la nappe par la rivière).

Dans la région d'Andenne-Couthuin, la Meuse constitue l'exutoire principal de l'aquifère des calcaires carbonifères. L'écoulement général des eaux souterraines est dirigé vers le fleuve. A proximité des cours d'eau du réseau secondaire, on note également une influence du réseau hydrographique, tantôt drainant, tantôt infiltrant selon les conditions géologiques et hydrogéologiques. La Mehaigne et le Samson ont un potentiel majoritairement drainant par rapport à la nappe des calcaires carbonifères alors que les plus petits affluents de la Meuse sont généralement perdants par rapport à la nappe des calcaires du Carbonifère. Ces mêmes petits affluents se retrouvent par ailleurs potentiellement drainants sur leurs tronçons situés dans le Houiller (sous-chapitre IV.2.2). L'analyse piézométrique peut être affinée au droit de quelques sites. Ainsi, dans le synclinal de Couthuin, on note l'influence majeure des anciennes galeries de mines et de la carrière de Moha sur l'allure de la nappe des calcaires. Le rabattement des niveaux d'eau est accentué. De plus, la galerie Java, exutoire anthropique, mène les eaux souterraines de cet aquifère vers la Meuse. Les chroniques piézométriques pour les nombreux ouvrages sollicitant les nappes calcaires du bord de Meuse indiquent que les hautes eaux se situent au printemps et les basses eaux en automne. La réponse piézométrique aux précipitations est relativement rapide. Cependant, lorsque l'aquifère des calcaires est surmonté par les couches schisto-gréseuses du Houiller, on note un retard à l'infiltration plus grand. On remarque aussi que la variation du niveau piézométrique est plus importante, plus on s'éloigne de la Meuse (exutoire de la nappe des calcaires).

Dans les aquifères calcaires, la nappe est susceptible d'être plus rabattue que dans les autres unités hydrogéologiques, présentant ainsi des niveaux d'eau relativement profonds.

Dans les aquifères moins perméables, la surface piézométrique est souvent proche de la surface topographique et est davantage influencée par la topographie. Dans les unités hydrogéologiques de nature gréseuse, schisto-gréseux, quartzitique ou quartzo-phylladeuse, on rencontre généralement deux types de nappes: nappe superficielle et nappe profonde.

IV.2.7 Caractère libre, semi-captif, captif des nappes

Sur l'une des cartes thématiques du poster, le caractère des nappes rencontrées est spécifié: nappe libre, nappe semi-captive (semi-libre) ou nappe captive. C'est la première nappe rencontrée (nappe à l'affleurement, sous la couverture limoneuse) qui est généralement caractérisée. Sur la carte d'Andenne-Couthuin, les nappes logées dans les horizons schisto-gréseux du Houiller sont souvent caractérisées comme semi-captives. En effet, dans ces terrains, la nappe peut se retrouver en charge sous les couches plus argileuses (shales, "phtanites", argile d'altération).

L'aquiclude des marnes du Campanien, unité hydrogéologique étant de très faible épaisseur sur la carte d'Andenne-Couthuin et n'étant pas exploitée, n'est pas considérée sur cette carte thématique. C'est la nappe sous-jacente (Massif du Brabant) qui a été prise en compte. Ainsi, les marnes du Crétacé rendent la nappe logée dans les terrains cambro-silurien captive.

Sont considérées comme des nappes libres, toutes les autres unités hydrogéologiques dont les calcaires du Carbonifère; les terrains du Dévonien inférieur et du Silurien, et les alluvions de la Meuse. Localement, sous les limons fluviatiles, la nappe alluviale peut être semi-captive à captive. Dans les formations du Dévonien inférieur et du Silurien, les niveaux plus schisteux peuvent également rendre localement captives les nappes logées dans les terrains fracturés gréseux/quartzitiques en profondeur. Pour ces terrains, il s'agit du caractère, libre, de la nappe logée dans le manteau d'altération qui est spécifié sur la carte thématique.

V. CADRE HYDROCHIMIQUE

Les analyses chimiques présentées dans les paragraphes suivants ont été réalisées sur des eaux brutes, encore non traitées en vue de leur consommation. Nous ne disposons pas de données suffisantes pour préciser le cadre hydrochimique de toutes les unités hydrogéologiques de la carte.

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

En plus des carrières toujours en activité, plusieurs d'excavations correspondent à d'anciennes exploitations (calcaires, sables, grès, argiles...). Ces anciens sites d'extraction abandonnés et parfois remblayés avec des déchets et matériaux divers sont des points d'infiltration privilégiés vers les eaux souterraines, tout comme le sont les dolines, chantoirs et autres phénomènes karstiques. Ces sources potentielles de pollution sont donc des lieux à surveiller.

Un inventaire de ces données est disponible auprès des autorités régionales (DGARNE et DGATLP). La SPAQuE a inventorié les sites potentiellement contaminés en Wallonie. Ils sont répertoriés dans une banque de données, WALSOLS, consultable sur <http://www.walsols.be/>. Pour le territoire de la carte d'Andenne-Couthuin, cinq sites sont répertoriés dans cette base de données (tableau V.1). Pour les sites où des investigations poussées ont été menées; une brève description est présentée au paragraphe V.5.

Tableau V.1: Sites WALSOLS repris sur la carte Andenne-Couthuin

<u>Commune</u>	<u>Nom</u>	<u>Code</u>
Andenne	Carrières et fours de Sclaigheaux (zone portuaire de Sclaigheaux)	Nr0108-001
	Station d'épuration d'Andenne	Nr0101-005
	Site Brenner	Nr0108-002
	Décharge d'Anton	Nr0107-001
	Arden'Humus	Nr0101-001

Dans le cadre de la mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau (Directive 2000/60/CE - DCE), la Région a établi un programme de surveillance des 33 masses d'eau définies en Wallonie (http://environnement.wallonie.be/directive_eau). Au niveau des eaux souterraines, un réseau de surveillance de l'état quantitatif et qualitatif a été élaboré et finalisé en décembre 2006. Sur le territoire couvert par la carte, plusieurs masses d'eau souterraine

sont distinguées (figure V.1). Les plus importantes sont les calcaires du bassin de la Meuse bord nord (RWM011) et bord sud (RWM012) ainsi que les alluvions et graviers de Meuse entre Namur et Lixhe (RWM072). On peut aussi épingler les sables et craies du bassin de la Meuse entre Namur et Lixhe (RWM072). On peut aussi épingler les sables et craies du bassin de la Meuse (RWM041) reposant sur le socle du Brabant (RWE0160). Parmi les autres masses d'eau souterraine répertoriées sur le territoire de la carte Andenne-Couthuin, la masse d'eau souterraine RWM016 a un statut particulier. En effet, il n'a pas été défini en tant que masse d'eau souterraine au sens de la Directive cadre sur l'Eau pour des raisons quantitatives mais aussi qualitatives. Cette masse d'eau virtuelle ne représente pas une ressource en eau souterraine aisément mobilisable. De plus, son état chimique naturel peut être défini de médiocre en raison de la nature des formations géologiques et de l'activité industrielle passée (charbon et houille). Sur cette carte, on compte une dizaine de points des réseaux de surveillance qualitative et quantitative des masses d'eau souterraine (RWM011-012-072). L'état global DCE des masses d'eau en présence est bon, excepté pour la masse d'eau souterraine RWM041/RWE160 qui est jugée médiocre. Les paramètres à surveiller sont généralement les nitrates et les pesticides. L'état quantitatif est jugé bon pour l'ensemble des masses d'eau de la carte (D GARNE-Direction des Eaux souterraines et Protectis-Cellule DCE, 2010).

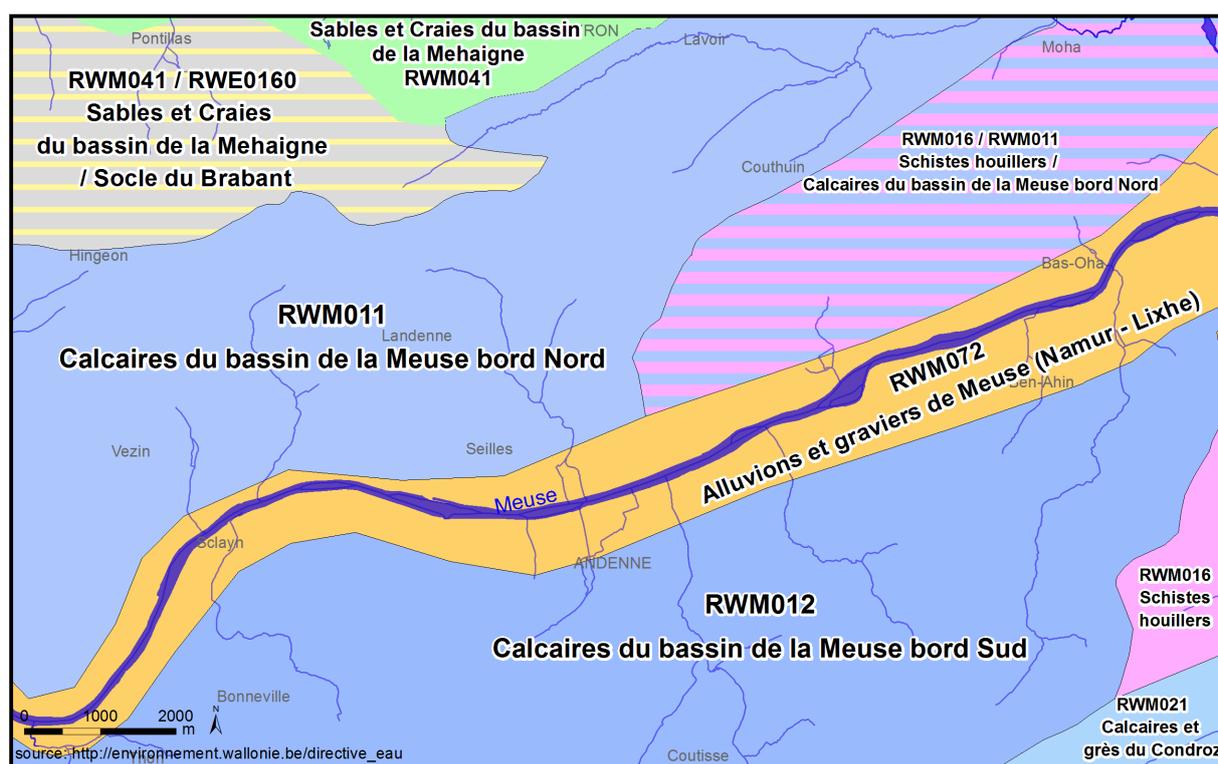


Figure V.1: Masses d'eau souterraine de la carte Andenne-Couthuin

La comparaison de la carte des masses d'eau souterraine (figure V.1) avec le carte hydrogéologique (avec les unités hydrogéologiques) met parfaitement en évidence que ces deux découpages sont basés sur des critères différents et ont été réalisés à des échelles différentes. En effet, les unités hydrogéologiques sont définies d'après des critères purement

hydrogéologiques et à l'échelle locale (1/25.000). Tandis que les masses d'eau souterraine sont délimitées sur base de critères hydrogéologiques et non hydrogéologiques (dont les limites hydrographiques). Ce second découpage est réalisé à l'échelle régionale. Ainsi, sous le vocable 'Calcaires du bassin de la Meuse bord sud' peuvent aussi se trouver d'autres formations, tels les schistes du Houiller.

V.1 CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

Les analyses disponibles pour définir le faciès hydrochimique des eaux logées dans les terrains de la carte Andenne-Couthuin sont essentiellement issues des captages destinés à la distribution publique d'eau potable. Quelques analyses proviennent du réseau de surveillance qualitative du SPW. Les aquifères calcaires du Carbonifère et les graviers de la plaine alluviale de la Meuse, en tant que principales ressources en eau de la zone étudiée, sont les unités hydrogéologiques les mieux pourvues en analyses hydrochimiques. Pour compléter l'information fournie par les données hydrochimiques issues d'échantillons de prises d'eau localisées sur la carte Andenne-Couthuin, sont reprises à titre indicatif les informations sur la géochimie des aquifères de "l'Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie" (SPW-DGO3, 2013). Ces résultats sont à considérer globalement. Ils sont représentatifs d'une masse d'eau souterraine dans son ensemble.

La composition chimique de l'eau souterraine varie en fonction des couches géologiques traversées. Ainsi les ouvrages de prise d'eau proches des versants ou ceux atteignant le bed-rock produisent des eaux plus minéralisées. Les activités anthropiques influencent également fortement la qualité de l'eau. Pour certains éléments, les normes édictées par le Service Public de Wallonie ne sont pas respectées, nécessitant un traitement adéquat avant distribution.

V.1.1 Aquifère alluvial de la Meuse

Les concentrations des paramètres hydrochimiques de l'eau contenue dans l'aquifère alluvial de la Meuse sont assez variables d'un ouvrage de prise d'eau à l'autre (tableau V.2). De manière générale, le pH de l'eau est neutre à alcalin avec une conductivité et une dureté assez élevées. Les teneurs importantes en nitrates, sulfates et chlorures sont dues soit à la pollution anthropique soit à la présence proche des terrains schisto-gréseux du Houiller. Les teneurs élevées en fer, en manganèse et en zinc de certains ouvrages témoignent également de l'influence du contexte géologique (minéralisations Fe-Pb-Zn logés dans les terrains paléozoïques dans la région). En plaine alluviale, malgré la faible profondeur des puits, les conditions du milieu peuvent être localement propices à la dénitrification, en lien avec la présence de matières organiques qui, par oxydation, entraîne une modification du potentiel redox.

Tableau V.2: Caractéristiques hydrochimiques de la nappe alluviale de la Meuse

Élément	Unité	Niveau-guide RW	Ben-Ahin (champs captant) (VIVAQUA)	Cité Tonglet P1 (SWDE)	Seilles P7 (SWDE)	Bas-Oha P5 (SWDE)	Rondia (Biowanze)	Graviers de la Meuse
		Code de l'eau	10/02/2010	18/09/2012	17/10/2012	17/12/2012	13/04/2011	1994-2000
pH	Unités pH	6,5 à 9,5	7,44	7,32	7,15	7,39	7,3	7,3
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	545	708	791	578	918	683
Dureté totale	° français	67,5	27,2	38,5	48,3	28,3	48,2	34,3
Alcalinité	° français	-	22,7	29,2 _(10/9/2009)	30,1 _(15/10/2009)	20,5 _(15/10/2009)	37,9	-
Calcium	mg/l	270*	82	120,1	149,9	98,3	163	120,7
Magnésium	mg/l	50*	16,5	20,7	14,4	9,2	20,9	14,5
Sodium	mg/l	150	21,1	24,2	21,8	29,6	33,3	29,9
Potassium	mg/l	12	2,5	2	4,4	4,4	5,3	4,47
Sulfates	mg/l	250*	44,9	70,5	117,2	33	66	88,8
Chlorures	mg/l	200	31,9	47,6	38,4	43,7	56	13,8
Nitrates	mg/l	50	9,3	18,5	17,4	7,1	31	18,8
Nitrites	mg/l	0,1	<0,03	<0,04	<0,04	<0,04	<u>0,43</u>	<u>0,03</u>
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,05	<0,02	<0,02	0,09	0,4	0,08
Silice	mg/l SiO ₂	-	9,3	4,5 _(10/9/2009)	5,9 _(15/10/2009)	5,3 _(15/10/2009)	<u>14,2</u>	<u>10,8</u>
Fer	µg/l	200*	<5	43	4	3	20	9
Manganèse	µg/l	50*	3,1	<0,1	1,1	<u>576,9</u>	<u>435</u>	162
Plomb	µg/l	10	<0,01	0,5	0,2	0,3	<1	-
Zinc	µg/l	200	5	100	12	14	<10	-
* norme de potabilité à défaut de valeur-guide								SPW-DGO3, 2013

V.1.2 Aquifère des calcaires du Carbonifère

Quelques données hydrochimiques sont disponibles pour l'aquifère des calcaires du Carbonifère dans la zone couverte par la carte hydrogéologique Andenne-Couthuin (tableau V.3). Cette eau est de type calcique avec une dureté, une alcalinité et une conductivité élevées. Le pH est neutre à alcalin. Les teneurs en fer, plomb et particulièrement en zinc sont importantes. La SWDE a installé une station de pré-traitement et de déferrisation pour son captage du Puits Dumont. Ce site est situé au droit d'une ancienne galerie d'exploitation de filon métallifère (Haie Monet).

Les teneurs en sulfates, nitrates et chlorures sont relativement élevées. Notons que l'aquifère des calcaires du Carbonifère est particulièrement vulnérable aux pollutions anthropiques (conductivités hydrauliques élevées, absence de couverture protectrice, présence de phénomènes karstiques, ...).

Tableau V.3: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère

Élément	Unité	Niveau-guide RW	Bois (Lhoist)	P1 Dumont (SWDE)	Fontaine Ste Begge (SWDE)	Seilles Exhaure (Carmeuse)	Couthuin-Jottée (SPW-DESO)	Calcaires du bord Nord du bassin de la Meuse
		Code de l'eau	27/05/2003	02/10/2012	21/06/2012	09/06/2011	11/02/2013	1994-2000
pH	Unités pH	6,5 à 9,5	7,25	7,82	7,06	8,3	7,2	7,3
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	634	544	734	702	695	699
Dureté totale	° français	67,5	21,04	28,5	42,6	40,5	38,7 ^(14/02/2012)	39,2
Alcalinité	° français	-	-	-	29,5 ^(17/09/2009)	26	24,8 ^(14/02/2012)	-
Calcium	mg/l	270*	80,2	73,8	143,8	111	121 ^(14/02/2012)	125,4
Magnésium	mg/l	50*	15,1	24,3	16,3	26,3	21 ^(14/02/2012)	18,8
Sodium	mg/l	150	6,19	10,1	12	11,6	10,2 ^(14/02/2012)	12,7
Potassium	mg/l	12	2,65	2,4	1,9	2,16	1,2	2,17
Sulfates	mg/l	250*	32	101,7	104,7	127	85 ^(14/02/2012)	83,5
Chlorures	mg/l	200	23	36,2	26,4	29	44 ^(14/02/2012)	31,9
Nitrates	mg/l	50	13	13	23,1	9,4	32	10,1
Nitrites	mg/l	0,1	<0,05	<0,05	<0,04	<0,05	<0,04	<0,02
Ammonium	mg/l	0,5*	-	<0,05	<0,02	<0,05	<0,02	0,03
Silice	mg/l SiO ₂	-	-	-	5,3 ^(17/09/2009)	10,3	11 ^(14/02/2012)	13,9
Fer	µg/l	200*	-	29	31	23	29	
Manganèse	µg/l	50*	-	0,8	<0,1	44	<1 ^(14/02/2012)	62
Plomb	µg/l	10	-	1,8	1,5	5	3,1 ^(14/02/2012)	-
Zinc	µg/l	200	< 0,2	47	368	893	201 ^(14/02/2012)	-
* norme de potabilité à défaut de valeur-guide								SPW-DGO3, 2013

V.1.3 Autre unités hydrogéologiques

Quelques analyses chimiques sont disponibles pour d'autres unités hydrogéologiques de la carte d'Andenne-Couthuin (tableau V.4). Le captage de Gemine exploite l'aquifère des sables de remplissage (Oligocène) situé sur le socle cambro-silurien du Massif du Brabant. L'eau présente des valeurs de conductivité et de dureté importantes. La concentration en silice est particulièrement élevée. Ce captage est fort exposé à des contaminations potentielles au vu de sa position superficielle.

Le puits 'Surlémont-P1' est implanté dans l'aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur (Coblencien)(voir carte en annexe 3). On y constate aussi de fortes teneurs en fer, en manganèse, en zinc et en plomb, liées aux minéralisations développées dans la région. Excepté ces éléments, la minéralisation de cette eau est relativement faible.

Tableau V.4: Caractéristiques hydrochimiques de quelques autres sites de la carte d'Andenne-Couthuin

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Aquifère des sables de remplissage (Oligocène)		Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur
			Gemine (VIVAQUA)	Sables bruxelliens (sur socle cambro-silurien)	Surlémont P1
		Code de l'eau	10/02/2010	1994-2000	06/06/2011
pH	Unités pH	6,5 à 9,5	7,23	7	7
Conductivité	$\mu\text{S/cm}$ à 20°C	2100	669	722	349
Dureté totale	° français	67,5	35,1	38,1	16,3
Alcalinité	° français	-	23,5	-	11,1
Calcium	mg/l	270*	113	131,4	41,9
Magnésium	mg/l	50*	16,6	10,5	14,3
Sodium	mg/l	150	16,2	14,9	8,3
Potassium	mg/l	12	1,3	1,94	1,9
Sulfates	mg/l	250*	69,2	77,2	12,8
Chlorures	mg/l	200	37,1	47,2	33,2
Nitrates	mg/l	50	49,8	40,6	15,7
Nitrites	mg/l	0,1	<0,03	<0,02	<0,04
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,05	0,01	<0,02
Silice	mg/l SiO ₂	-	17,9	26	5,5
Fer	$\mu\text{g/l}$	200*	5,2	10	628
Manganèse	$\mu\text{g/l}$	50*	<0,5	3	261,2
Plomb	$\mu\text{g/l}$	10	0,2	-	1,2
Zinc	$\mu\text{g/l}$	200	14	-	23
* norme de potabilité à défaut de valeur-guide				SPW-DGO3, 2013	

V.2 PROBLEMATIQUE DES NITRATES

En Région Wallonne, pour protéger les eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole, plusieurs "zones vulnérables" ont été désignées par arrêtés ministériels (figure V.1). Cette législation découle de la Directive européenne 91/676/CEE, communément appelée la Directive Nitrate. Cette directive, adoptée en 1991, concerne la protection des eaux contre la pollution par le nitrate à partir de sources agricoles. Ainsi, la désignation des zones vulnérables aux nitrates implique l'application d'un programme d'action précis dont les mesures ont été arrêtées dans le cadre de "bonnes pratiques agricoles". La norme européenne de 50 mg de NO_3^- par litre d'eau constitue le seuil maximum acceptable. Pour plus d'informations, consulter le site web www.nitrawal.be.

Le territoire couvert par la carte Andenne-Couthuin est entièrement inclus dans deux de ces zones vulnérables aux nitrates définies par le gouvernement wallon. La moitié nord appartient à la zone appelée "Nord du sillon Sambre et Meuse" (arrêté ministériel du 22 décembre 2006). La moitié sud fait partie de la zone 'Sud Namurois' (arrêté ministériel du 22 novembre 2012 modifiant celui du 22 décembre 2006). Ces zones reprennent la quasi-totalité des captages échantillonnés dont la teneur en nitrate dépasse ou risque de dépasser 50 mg/l.

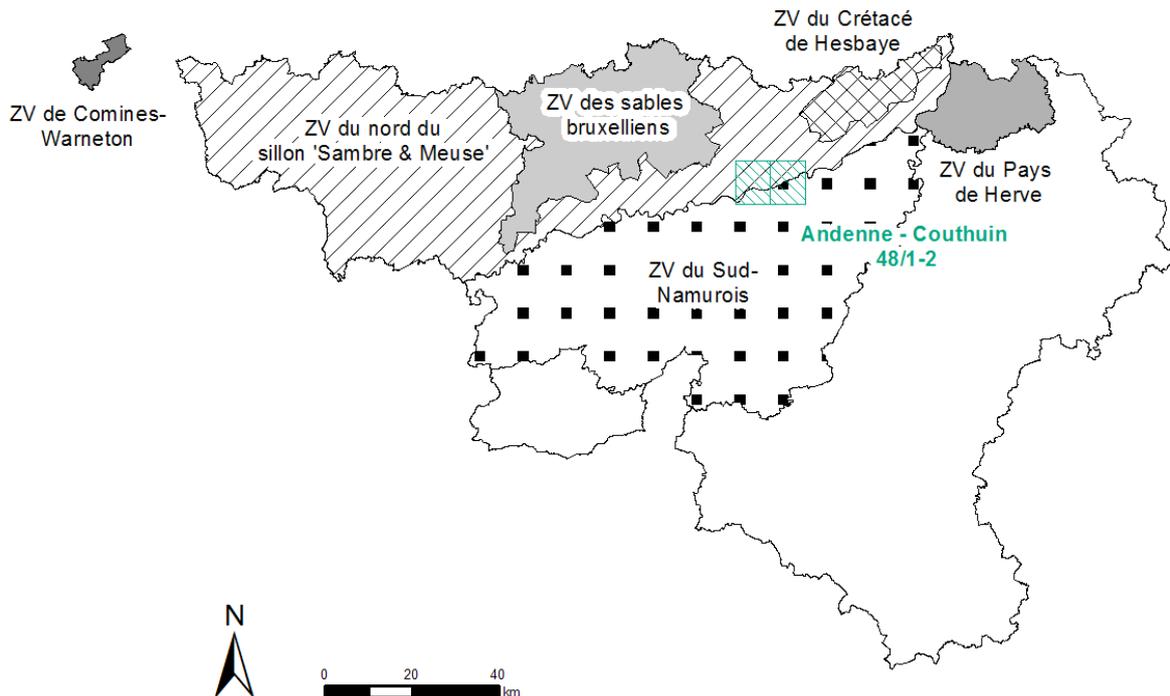


Figure V.2 : Zones vulnérables aux nitrates en Région wallonne

Depuis plusieurs années, les compagnies de distribution d'eau mais aussi l'administration wallonne (SPW-DGARNE-DESO) surveillent de manière très régulière les concentrations en nitrates de leurs différents ouvrages (captages et/ou piézomètres). Les figures suivantes

présentent les courbes décrivant l'évolution temporelle des teneurs en nitrates. Par manque d'analyses régulières, toutes les unités hydrogéologiques de la carte Andenne-Couthuin ne sont pas abordées.

Aquifère alluvial de la Meuse

L'évolution de la teneur en nitrates de différents captages sollicitant l'aquifère alluvial de la Meuse est présentée à la figure V.3. De manière générale, les teneurs sont inférieures à 50 mg/l. L'eau prélevée au puits 'Pégard Productics' (voir carte en annexe 3) a des concentrations en nitrates supérieures à la norme de potabilité. Les concentrations moyennes observées dans les autres prises d'eau sont comprises entre 8 et 22 mg NO₃/l. Sur l'ensemble de la période d'observation, aucune tendance nette à la hausse ne peut être déterminée, quel que soit le puits considéré. Cependant, elles restent non négligeables et sont donc à surveiller.

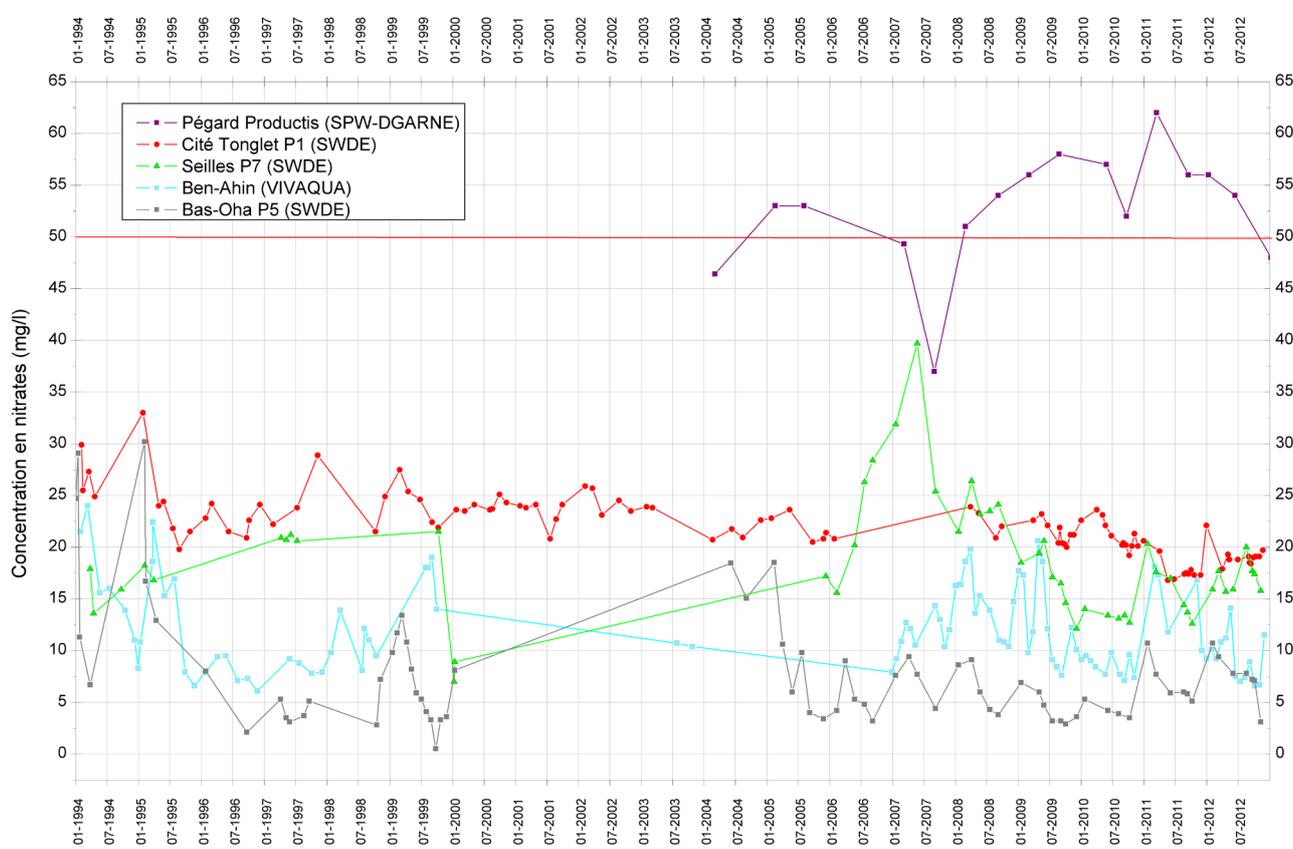


Figure V.3: Evolution de la teneur en nitrates de l'aquifère alluvial de la Meuse

Aquifère des calcaires du Carbonifère

Sur la carte d'Andenne-Couthuin, sur base des données disponibles, les captages exploitant l'aquifère des calcaires du Carbonifère présentent une teneur en nitrates inférieures à 50 mg/l (figure V.4). Cependant, les valeurs sont non négligeables. Les concentrations moyennes sont comprises entre 15 et 33 mg NO₃/l. Pour quelques sites, une légère tendance à la hausse est observée (Dumont, Fontaine de l'Ours).

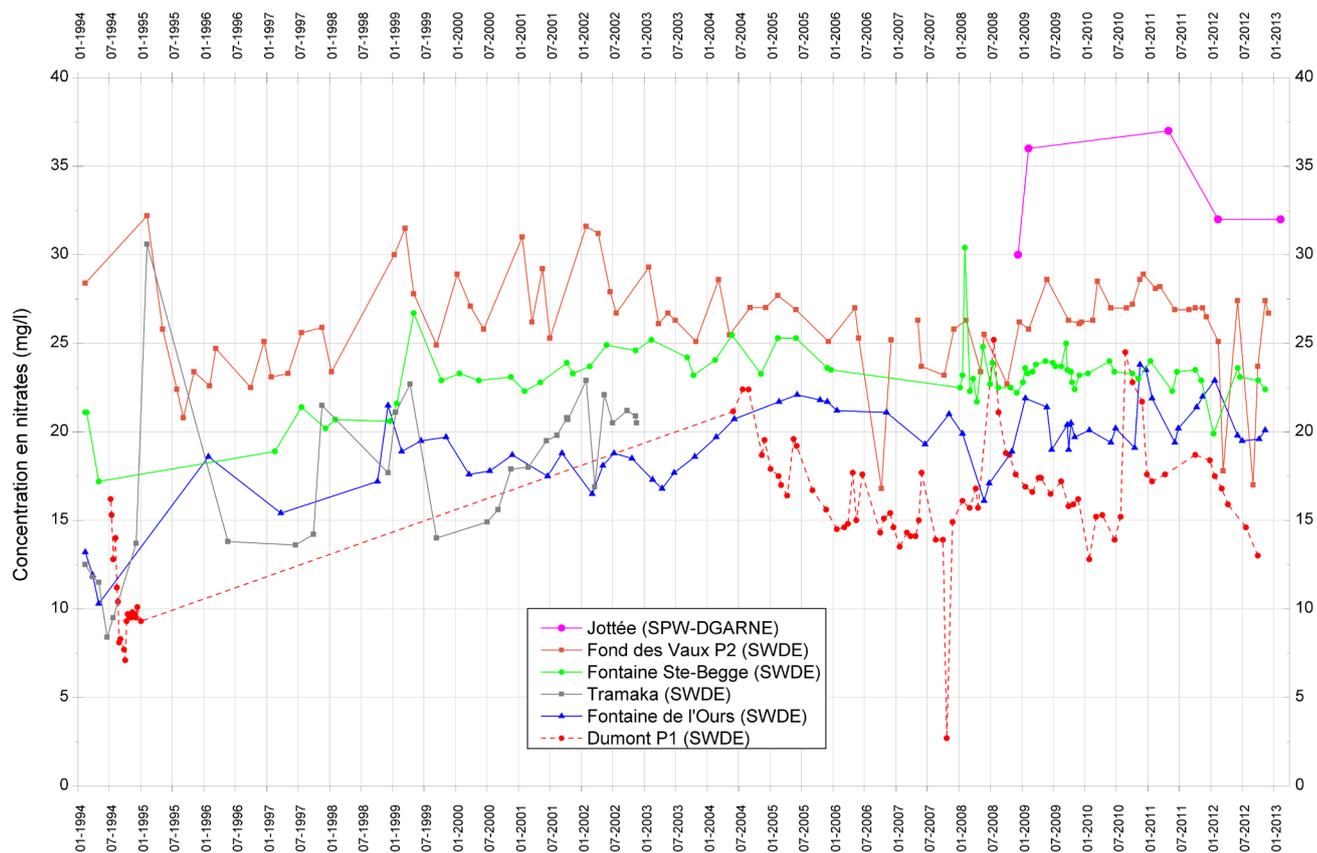


Figure V.4: Evolution de la teneur en nitrates de l'aquifère des calcaires du Carbonifère

Aquifère des sables de remplissage (Oligocène, Cénozoïque)

Le captage de Gemine, situé dans les sables cénozoïques déposés sur le socle cambro-silurien du Massif de Brabant, fait l'objet d'un suivi régulier (figure V.5). La concentration en nitrates dépasse régulièrement 50 mg/l, en particulier entre 2002 et 2008. Une tendance générale à la hausse est observée. Cependant, depuis quelques années, les teneurs semblent diminuer. Cette diminution est observée en 2008, puis en 2011 (après une légère remontée). Cette tendance à la baisse reste à confirmer sur le long terme.

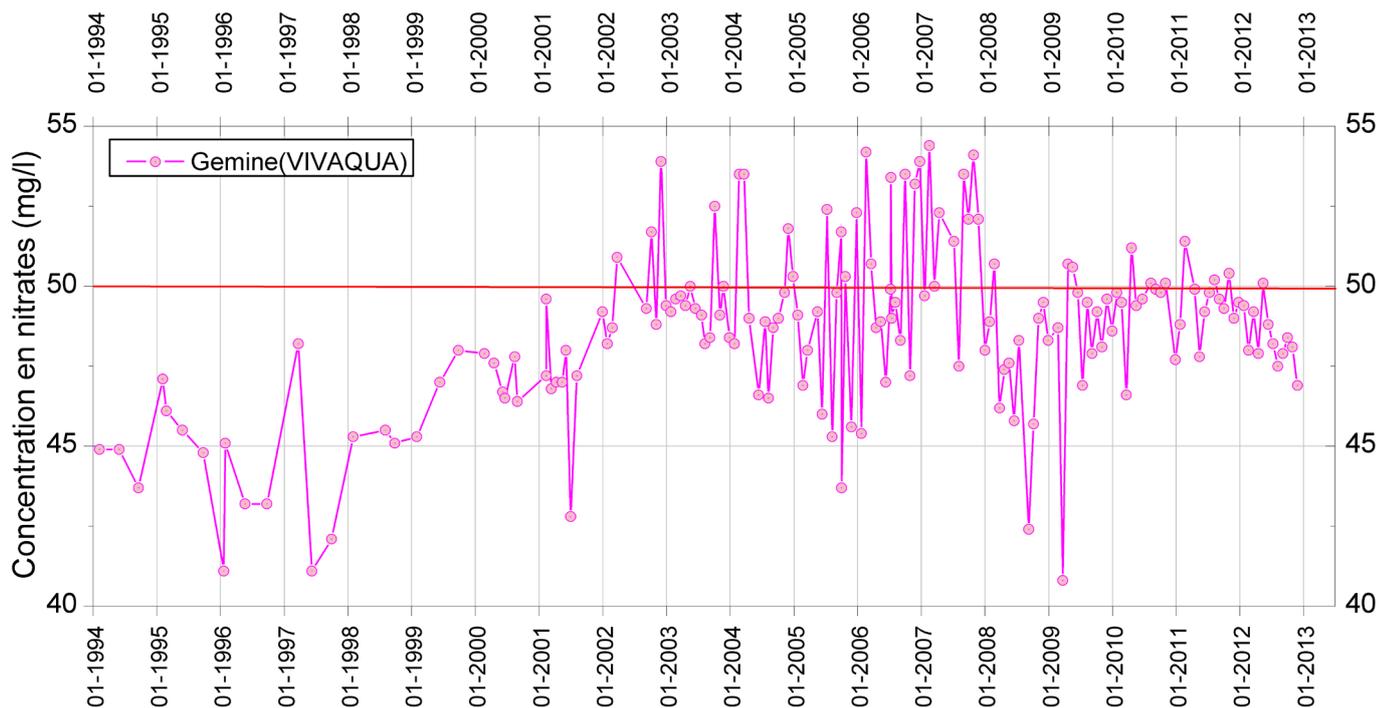


Figure V.5: Evolution de la teneur en nitrates de l'aquifère des sables de remplissage (Oligocène)

V.3 QUALITE BACTERIOLOGIQUE

Les paramètres microbiologiques des eaux destinées à la distribution publique sont régulièrement mesurés par les compagnies d'eau. Ainsi, la qualité microbiologique des eaux est mesurée à partir de la présence de bactéries indicatrices de contamination fécale telles que les entérocoques, Escherichia Coli ou coliformes. D'après les données disponibles, les eaux souterraines de ces prises d'eau, sur la carte Andenne-Couthuin, présentent une bonne qualité microbiologique. Pour prévenir, lors du transport, toute détérioration de l'eau, une chloration est opérée avant la distribution de l'eau sur le réseau.

Ce type d'analyse, fréquent donc pour les prises d'eau destinées à la distribution publique, est plus rare (voire absent) pour les captages privés. Ainsi, il n'est pas possible de donner un aperçu de la qualité bactériologique des eaux logées dans toutes les unités hydrogéologiques de la carte Andenne-Couthuin.

La qualité bactériologique des eaux souterraines de la région d'Andenne-Couthuin est relativement bonne. Le tableau V.5 présente quelques résultats d'analyse bactériologiques d'échantillons prélevés aux captages des réseaux de distribution publique d'eau potable.

Tableau V.5: Qualité bactériologique des eaux souterraines des captages de distribution publique de l'eau – Andenne-Couthuin

Unité hydrogéologique		Aquifère alluvial (Meuse)			Aquifère des sables de remplissage (Oligocène)	Aquifère des calcaires du Carbonifère
		Seilles P7 (SWDE)	Cité Tonglet P1 (SWDE)	Ben-Ahin (VIVAQUA)	Gemine (VIVAQUA)	Fontaine Ste Begge (SWDE)
Paramètres		17/10/2012	18/02/2012	21/06/2012	10/02/2010	10/02/2010
Germes totaux à 22°C	nbre / ml	0	10	2	12	5
Germes totaux à 37°C	nbre / ml	0	9	-	-	0
Coliformes totaux	nbre / 100 ml	0	0	0	0	0
Coliformes fécaux	nbre / 100 ml	-	-	-	-	-
Escherichia coli	nbre / 100 ml	0	0	0	0	0
Entérocoques fécaux	nbre / 100 ml	0	0	0	1	0

V.4 PESTICIDES

La présence de pesticides dans les eaux potabilisables devient, au même titre que les nitrates, relativement préoccupante. Depuis plusieurs années, une centaine de pesticides sont recherchés dans les eaux souterraines destinées à la consommation humaine. Les herbicides font partie des micropolluants les plus problématiques, qu'ils soient d'usage agricole ou non agricole, dans le sens où ils impliquent des traitements de potabilisation spécifiques et parfois très coûteux (SPW-DGO3, 2013; ICEW, 2012).

La figure V.6 montre l'impact des pesticides sur la qualité des eaux souterraines wallonnes. Cette carte illustre l'indicateur 'Pesticides dans les eaux souterraines (n°91)' de l'analyse des composantes de l'environnement présentée dans le rapport sur l'état de l'environnement wallon 'Les Indicateurs clés de l'Environnement Wallon 2012' (ICEW, 2012). Cet indicateur rend compte de manière simplifiée et globale de la qualité des eaux souterraines wallonnes par rapport aux pesticides. Les indices¹⁰ de qualité révèlent que les aquifères de la région d'Andenne-Couthuin sont classés dans les catégories 'Bonne' et 'Très bonne' pour l'altération 'Pesticides'.

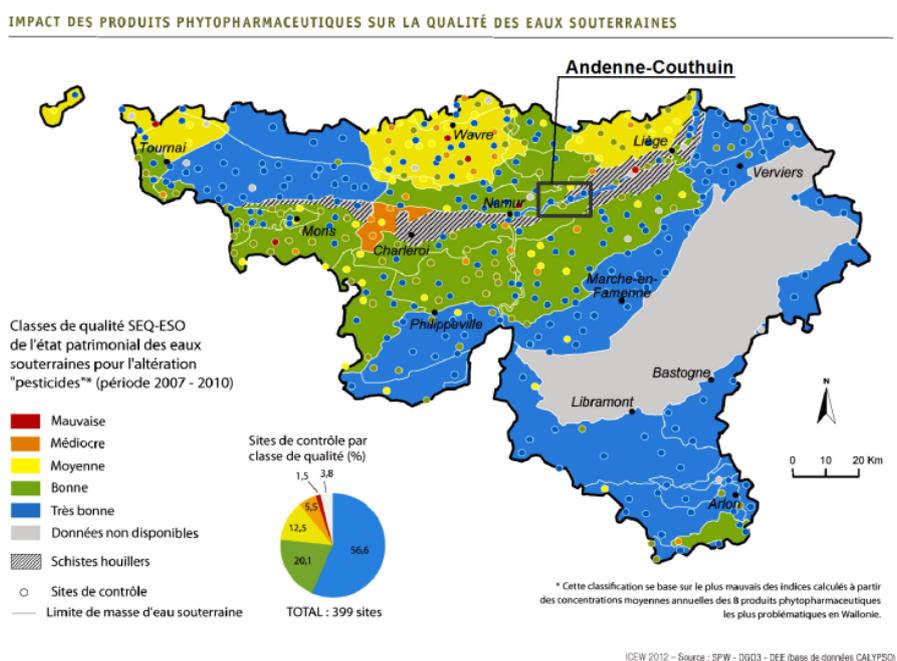


Figure V.6: Pesticides en Région wallonne (ICEW, 2012; carte 19 modifiée)

D'après les données disponibles, à ce jour, uniquement le captage 'Gemine' présente des teneurs en pesticides préoccupantes. Aucune contamination marquée des eaux souterraines par les pesticides n'est observée pour les autres prises d'eau (tableau V.6). A l'instar des

¹⁰ Indice calculé à partir des concentrations moyennes annuelles en atrazine, déséthylatrazine, simazine, diuron, isoproturon, chlortoluron, bromacile, bentazone et 2,6-dichlorobenzamide (BAM)

analyses microbiologiques, les analyses sur les pesticides concernent généralement exclusivement les eaux captées par les ouvrages publics et destinées à la distribution. Les concentrations, par produits ou pour l'ensemble des pesticides, restent largement sous la norme de potabilité, sauf pour Gemine. Les valeurs maximales admises par le Code de l'Eau pour la plupart de ces produits phytosanitaires (ici, essentiellement des herbicides) sont de 100 ng/l. Cinq types de pesticides sont systématiquement recherchés lors des analyses spécifiques: l'atrazine et son métabolite, le déséthyl-atrazine, la simazine, le diuron et l'isoproturon. Ces herbicides sont en effet couramment utilisés par les agriculteurs, jardiniers et services communaux. Il faut toutefois prendre garde à la présence systématique d'atrazine et de déséthyl Atrazine. Les concentrations devraient toutefois avoir une tendance à la diminution depuis l'interdiction de l'atrazine en 2005. Des traces de bentazone, bromacile, 2,6-dichlorobenzamide (métabolite du dichlobenil) sont localement et temporairement détectées sur certains captages. Notons que l'usage de la plupart de ces herbicides est aujourd'hui interdit. Les aquifères de la région sont relativement peu pollués par les pesticides.

Tableau V.6: Teneurs en pesticides des eaux souterraines – Andenne-Couthuin

Unité hydrogéologique		Aquifère alluvial (Meuse)		Aquifère des sables de remplissage (Oligocène)	Aquifère des calcaires du Carbonifère
Pesticide	Niveau-guide (code de l'eau)	Seilles P7 (SWDE)	Ben-Ahin (VIVAQUA)	Gemine (VIVAQUA)	Fontaine Ste Begge (SWDE)
		17/10/2012	10/02/2010		
Atrazine (ng/l)	100	11	11	<10	<10
Déséthyl Atrazine (ng/l)	100	10	11	16	7
Isoproturon (ng/l)	100	<1	<10	<10	<1
Diuron (ng/l)	100	<1	<10	<10	<1
Simazine (ng/l)	100	5	<10	<10	<3
Chlortoluron (ng/l)	100	<1	<10	<10	<1
Bromacile (ng/l)	100	<1	<10	106	<1
Bentazone (ng/l)	100	1	<20	<20	6
2,6-dichlorobenzamide (BAM) (ng/l)	200	19	<10	231	89

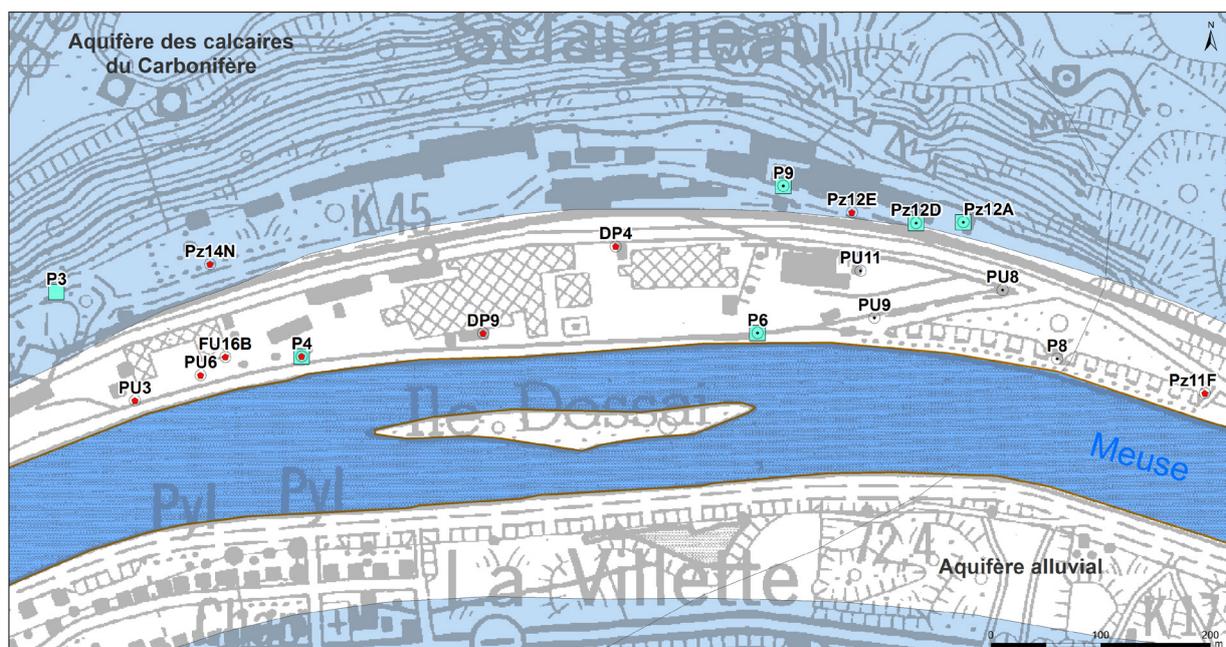
V.5 SITES POLLUES PAR LES METAUX LOURDS ET AUTRES

Parmi les sites pollués référencés par la SPAQuE, la zone portuaire de Sclaigneaux, la station d'épuration d'Andenne, le site de Brenner et la décharge d'Anton ont fait l'objet d'une campagne d'orientation/caractérisation en vue de leur assainissement.

Carrières et fours de Sclaigneaux (Zone portuaire de Sclaigneaux)

Au cours du dernier siècle, le site "Carrières et fours de Sclaigneaux" a été occupé presque exclusivement par les Usines Dumont & Frères spécialisées dans l'extraction et le traitement du plomb et du zinc. Depuis la cessation des activités (1970), diverses sociétés ont investi le

site de 17 ha, exerçant divers types d'activités (industrie du plastique, casse de véhicules, industrie agro-alimentaire...)(SPAQuE, 2007). La SPAQuE a lancé une étude de caractérisation approfondie du site (SGS, 2003). Plusieurs forages ont été effectués afin de mieux définir les contextes géologique et hydrogéologique de la zone (figure V.7). Dès 2002, l'analyse des eaux souterraines, récoltées à partir d'une cinquantaine de piézomètres superficiels ("nappe" des remblais) et profonds (aquifère alluvial, aquifère des calcaires), montrait la présence d'une *contamination généralisée en métaux lourds au niveau du sol et du sous-sol. Cette pollution en métaux lourds est par endroits accompagnée d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), d'huiles minérales ou de PCB. Ces contaminations sont présentes dans les remblais depuis la surface et atteignent le terrain naturel sous-jacent.* Dans zone saturée des remblais, on retrouve des métaux lourds mais aussi des huiles minérales et des composés organiques halogénés. Une contamination généralisée en cadmium et en antimoine est observée dans la nappe alluviale, ainsi qu'une pollution en huiles minérales, en composés organiques halogénés et en étain (SPAQuE, 2007). Quelques résultats de l'échantillonnage de mai 2002 sont présentés au tableau V.7. Les analyses complètes sont disponibles sur le site Internet 'Walsols'.



Zone portuaire de Sclaigneaux

Piezomètres 'SPAQuE' implantés dans

- Nappe de remblais
- Aquifère alluvial
- Aquifère des calcaires du Carbonifère

Etat du site en 2011 (données SPAQuE, 2013)

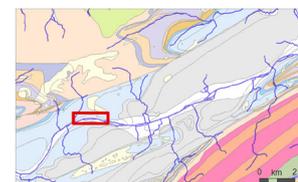


Figure V.7: Site "Carrières et fours de Sclaigneaux" – Walsols Nr 0108-001

Les relevés piézométriques effectués, en mai 2002, montrent que les piézomètres profonds et superficiels possèdent des niveaux piézométriques semblables. *Ceci indique que la "nappe" des remblais, investiguée par les piézomètres superficiels, et les nappes des alluvions de la Meuse et des calcaires, représentées par les piézomètres profonds, sont*

globalement en équilibre. Concernant la nappe des alluvions et des calcaires, elle montre un écoulement général des eaux souterraines en direction du sud vers la Meuse. On remarque également l'influence du captage au puits Dumont P1 (ouvrage sur galerie) qui se marque par un cône de rabattement. Concernant la "nappe" des remblais, on remarque également la présence d'un cône de rabattement, ce qui suggère que les deux nappes sont en communication. Cependant, le fait que le cône soit plus petit, indique que les transferts s'effectuent de manière plus lente en raison de la présence de niveaux moins perméables entre les remblais et les alluvions graveleuses (SGS, 2003).

Il est important de noter que ce site est partiellement inclus dans les zones de prévention IIa et IIb du captage SWDE 'Dumont P1' sollicitant l'aquifère des calcaires du Carbonifère via un réseau de galeries. A ce jour, d'après les données hydrogéologiques disponibles (piézométrie, hydrochimie), ce captage ne semble pas être impacté par ce site d'activités économiques désaffecté. Les teneurs en métaux observées dans les eaux issues de ce captage semblent davantage devoir être imputées à la nature de l'ouvrage souterrain (galeries creusées pour l'extraction des minerais de plomb et zinc). Il convient néanmoins d'y maintenir une surveillance environnementale attentive.

Des mesures d'assainissement ont été proposées pour dépolluer le site (SGS, 2003). Des investigations supplémentaires ont été menées sur le site depuis 2006 afin d'identifier d'éventuelles sources de contaminations. A terme, une réhabilitation du site sera réalisée (SPAQuE, 2007).

Tableau V.7: Quelques résultats de l'échantillonnage de mai 2002 sur les piézomètres du site 'Carrières et fours de Sclaigneaux' (SGS, 2003; SPAQuE, 2007)

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Pz14N	Pz12D	Pz11F	P3	P4	P8
pH		6,5 à 9,5	7,5	7,5	<12	7,4	7,1	7,4
Conductivité	µS/cm (20°C)	2100	1010	649	7300	741	1080	650
Antimoine	µg/l	5	<10	<10	69	<10	17	<10
Cadmium	µg/l	5	94	8,5	3,3	<0,8	17	<0,8
Cuivre	µg/l	100	<5	<5	28	<5	9	<5
Fer	µg/l	200	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Nickel	µg/l	20	<10	<10	61	<10	<10	<10
Plomb	µg/l	10	<5	<5	96	<5	13	<5
Zinc	µg/l	200	1700	740	<10	400	2900	580
Huiles minérales (hydrocarbures apolaires)	µg/l	100	430	420	480	260	350	500
Halogènes organiques absorbables (AOX)	µg/l Cl	10	42	38	56	28	30	120

Site Brenner

Le site de Brenner, situé à Andenne, a accueilli plusieurs activités industrielles depuis le début du 20^{ème} siècle dont une entreprise de construction métallique, des entreprises de production de matériaux réfractaires et une société active dans le broyage de bois. Depuis 1998, le site n'est plus occupé. Une zone importante du site a aussi utilisée jusqu'en 1950 pour le stockage de sables de fonderie et de scories. Depuis 2002, diverses études environnementales (IRCO, 2002; Ecorem, 2004) ont été menées sous la direction de la SPAQuE; gestionnaire du site.

Afin de caractériser les contaminations potentielles du sol et du sous-sol du site, des forages ont été réalisés (Ecorem, 2004). Ils ont été équipés en piézomètres (P7 n'existe plus) (figure V.8). Le sol (zone non saturée) est principalement pollué par les HAP et les huiles minérales. Localement on retrouve des points fortement contaminés en métaux lourds. L'analyse des eaux souterraines a montré la présence importante de certains métaux lourds (contamination généralisée en aluminium, fer, manganèse: points fortement contaminés en sélénium et en plomb). Une faible contamination en HAP a été observée sur quelques piézomètres. Il ne semble pas y avoir de pollution aux HAP et aux huiles minérales. Le tableau V.8 reprend quelques résultats des investigations sur la qualité des eaux souterraines (Ecorem, 2004).

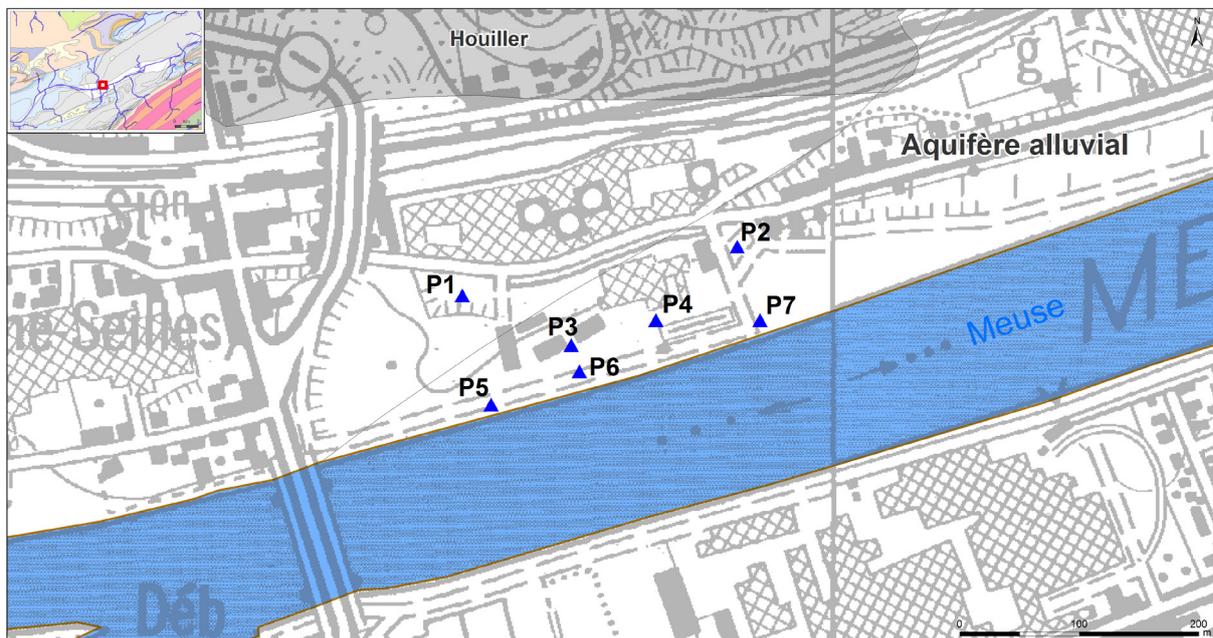


Figure V.8: Site "Brenner" – Walsols Nr0108-002

Tableau V.8: Quelques résultats de l'échantillonnage de juin 2004 sur les piézomètres du site "Brenner" (Ecorem, 2004)

Élément	Unité	Niveau-guide RW	P1	P3	P7
pH		6,5 à 9,5	7,07	6,82	6,98
Conductivité	µS/cm (20°C)	2100	1090	1250	1190
Aluminium	µg/l	200	580	290	710
Fer	µg/l	200	2800	1200	260
Manganèse	µg/l	50	310	430	1300
Sélénium	µg/l	10	5,8	7,4	<5
Plomb	µg/l	10	13	29	<3
Huiles minérales	µg/l	100	<50	<50	<50
HAP 10 VROM	µg/l		n.d.	0,17	n.d.
HAP 16 EPA	µg/l		n.d.	0,25	n.d.

Station d'épuration d'Andenne

L'historique du site de la station d'épuration d'Andenne n'a pas été communiqué. Cependant, les analyses des eaux souterraines montrent une contamination en aluminium, manganèse et en HAP (SPAQuE, 2005).

Tableau V.9: Teneurs en métaux lourds et hydrocarbures pour le site de la station d'épuration d'Andenne (SPAQuE, 2005)

Élément	Unité	Niveau-guide RW	Eaux souterraines analysées en 2005
pH		6,5 à 9,5	7,8
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	929
Aluminium	µg/l	200	210
HAP	ng/l	10	226
Manganèse	µg/l	50	852

Décharge d'Anton

Sur le site d'une ancienne carrière à Andenne, depuis 1981, une décharge a été exploitée. Les dépôts étaient essentiellement des déchets ménagers et des boues de dragage. En 1992, la décharge d'Anton a été classée parmi les sites prioritaires à réhabiliter et la SPAQuE, mandatée par la Région wallonne, a entamé la réhabilitation de l'ancienne décharge. Le site réhabilité comprend diverses installations: réseau de dégazage, torchère, cogénération (production d'électricité et système de récupération de chaleur), station d'épuration. Le site, actuellement en post-gestion, est inscrit depuis 2001 au programme de surveillance environnementale de la SPAQuE (SPAQuE, 2010).

Afin de mieux connaître le contexte hydrogéologique du site et de recenser les pollutions, vingt piézomètres ont été forés dont 15 existent toujours (figure V.9). L'aquifère des calcaires carbonifères est pollué par les eaux s'écoulant de la décharge comme en attestent les analyses effectuées dans les piézomètres situés en aval. Néanmoins, le panache de pollution semble être limité (pas d'extension vers l'est ou l'ouest). Aucune pollution des eaux souterraines à l'amont de la décharge n'a été observée. Les lixiviats produits par la décharge s'infiltrent à travers la roche calcaire karstique pour réapparaître sous forme de suintements qui sont actuellement collectés tant à la base du dépôt qu'en bas de la falaise, à proximité de l'étang noir (étang artificiel servant de réceptacle pour tous les lixiviats et autres suintements en provenance des déchets).

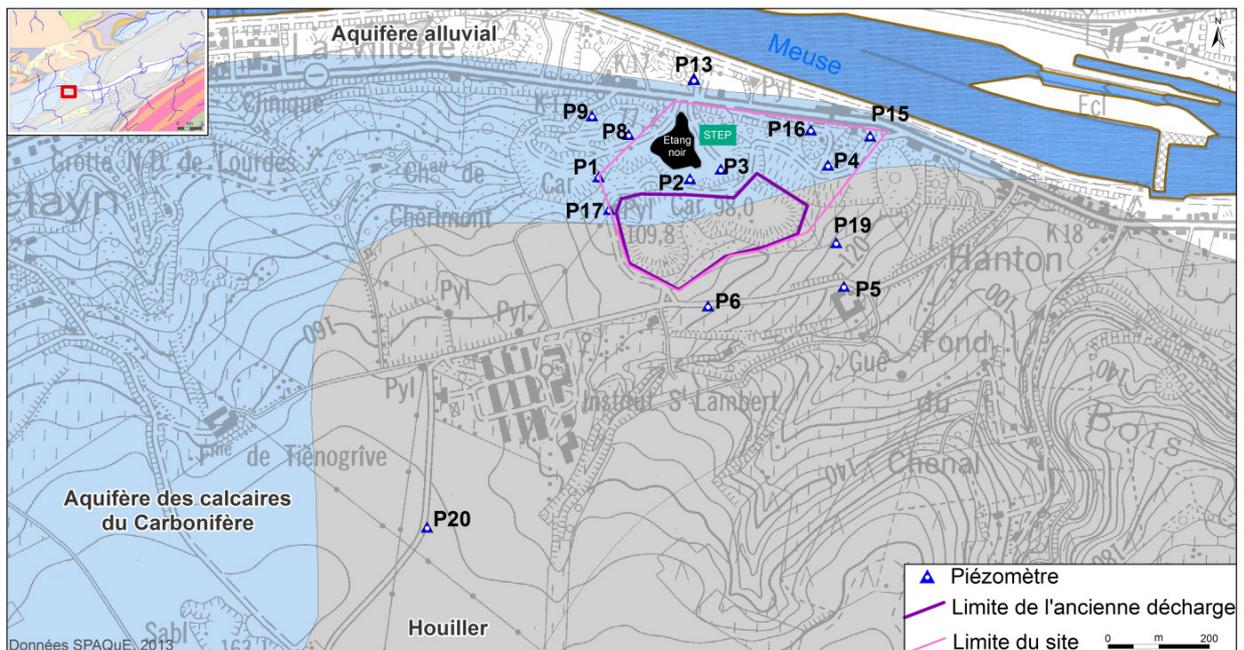


Figure V.9: Décharge d'Anton - Walsols Nr0107-001

Cette percolation des lixiviats dans les calcaires fissurés ne permet pas une récupération totale. *Les investigations menées jusqu'à présent confirment cet état de fait avec le constat d'une influence significative de la décharge sur les eaux souterraines.* Le bilan du suivi environnemental de 2009 indique que, *d'une manière générale, on observe de nombreux dépassements de normes de comparaison pour les composés inorganiques, principalement des métaux et les composés azotés (fer, manganèse, potassium, nickel, sodium, calcium, sélénium, baryum, antimoine, arsenic, thallium, azote Kjeldahl, nitrites, nitrates, ammonium, chlorures, sulfates. L'atteinte aux eaux souterraines est toujours significative, bien qu'acceptable au niveau du risque environnemental. En 2003, la vidange de l'étang noir a permis la disparition d'une eau de surface polluée proche du site. La poursuite d'un suivi environnemental soutenu reste toutefois préconisée compte tenu de l'influence du site sur la qualité des eaux souterraines (SPAQuE, 2009).*

VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES

Les principales ressources en eau souterraine de la carte d'Andenne-Couthuin sont localisées au sein de la nappe alluviale de la Meuse et dans les calcaires du Carbonifère.

L'exploitation des nappes pour la distribution publique d'eau potable est assurée par la Société Wallonne des Eaux (SWDE) et par VIVAQUA (cette dernière assure l'alimentation en eaux de la région bruxelloise). Les carrières de Seilles et de Moha, appartenant à Carmeuse, réalisent chaque année une exhaure assez importante dans le cadre de leur exploitation. Les nappes sont également exploitées par des agriculteurs, les particuliers et quelques firmes privées. Cependant, ces volumes sont très faibles par rapport aux prélèvements destinés à la distribution publique d'eau potable et pour les besoins des industries et des carrières. D'après les données disponibles, les volumes prélevés dans les aquifères de la carte étudiée varient de quelques m³ à quelques millions de m³ par an.

Les données présentées dans ce chapitre sont principalement extraites de la base de données du SPW (D'GARNE-DESO). L'encodage des volumes d'eau prélevés et déclarés par les producteurs n'est cependant pas complet. Ceci concerne principalement les petits exploitants et donc les petits volumes (< 3000 m³/an). En effet, les puits des particuliers ou des agriculteurs ne sont pas tous pourvus d'un compteur. Les volumes prélevés pour la distribution publique d'eau proviennent directement des bases de données des sociétés de distribution concernées.

Sur la carte thématique intitulée "Carte des volumes d'eau prélevés", les volumes sont classés selon différentes catégories : les prélèvements d'eau destinés à la distribution publique d'eau potable (pastilles rouges) et les prélèvements à usage privé (pastilles vertes). Les volumes présentés sont des volumes de l'année 2012 pour les ouvrages de distribution publique d'eau et de 2011 pour les "autres volumes". Sur cette même carte, sont aussi reportés les volumes moyens sur 5 ans, ici 2008-2012. Ils illustrent de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la carte étudiée. Ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni de l'exploitation réelle des nappes. Elles reflètent simplement l'importance d'un site d'exploitation pendant les 5 années considérées. Parmi ces dernières, il se peut que certaines d'entre elles soient des années sans prélèvement.

Les unités hydrogéologiques présentes sur la carte Andenne-Couthuin ne sont pas sollicitées avec la même intensité.

VI.1 AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE

Une grande partie des ouvrages de prises d'eau sont implantés dans l'aquifère alluvial de la Meuse qui constitue un réservoir important.

La SWDE possède quatre sites de captages dans ces terrains dont trois sont encore en service (Seilles, Cité Tonglet et Bas-Oha).

Parmi les sept puits captants du site de Seilles, un seul est toujours en activité (P7) avec annuellement un volume moyen de 190 000 m³ (figure VI.1).

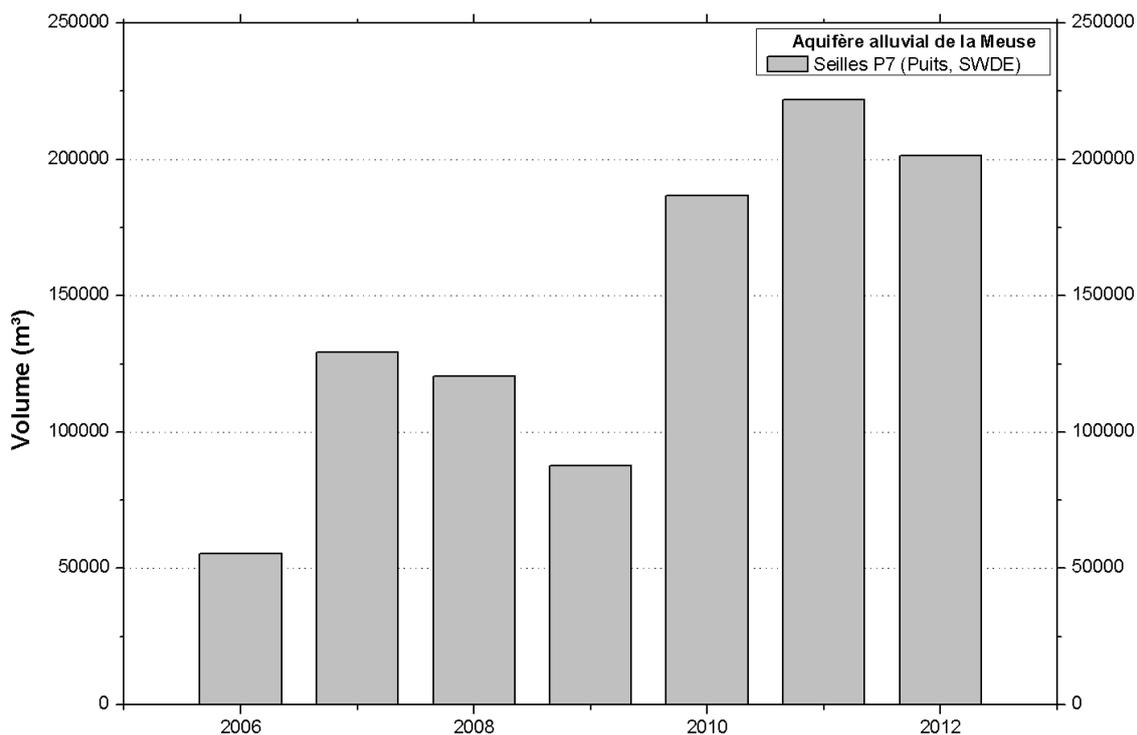


Figure VI.1: Volumes d'eau prélevés au puits Seilles P7

Le captage de Cité Tonglet comprend un puits captant où est prélevé un volume annuel moyen de 230 000 m³ sur les cinq dernières années. Les volumes prélevés restent relativement constants au cours du temps (figure IV.2).

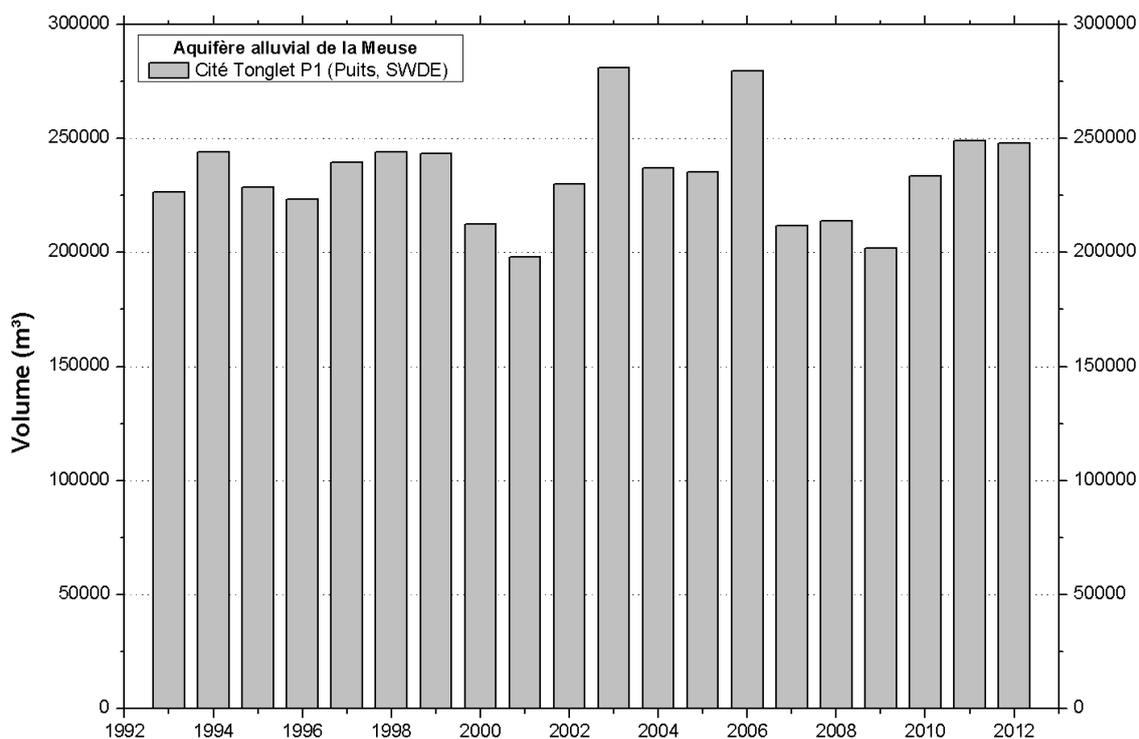


Figure VI.2: Volumes d'eau prélevés au captage de Cité Tonglet

Le captage de Bas-Oha possède cinq prises d'eau dont deux seulement sont encore en service (P4 et P5). Ces ouvrages ont capté un volume annuel moyen de 120 000 m³ et 203 500 m³ sur les cinq dernières années pour les puits P4 et P5 respectivement. De manière générale, les prélèvements fluctuent au cours du temps avec une diminution relative du volume prélevé depuis 2008 (figure VI.3).

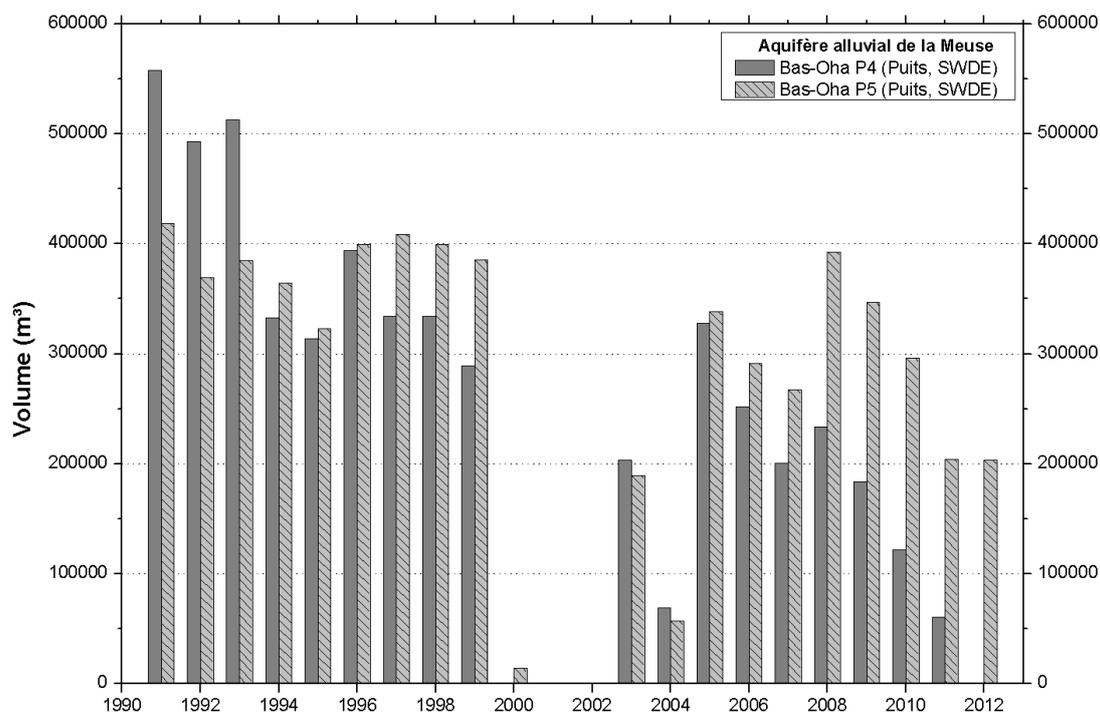


Figure VI.3: Volumes d'eau prélevés au captage de Bas-Oha

De son côté, VIVAQUA possède un important site de captage à Ben-Ahin comptabilisant dix-huit ouvrages captants encore en activité. Ces ouvrages sont regroupés en quatre pavillons. Trois des pavillons (I, II, III) comprennent chacun quatre à cinq ouvrages captants reliés à un puisard central. Le pavillon V possède un seul puits captant alimenté par des drains. Ce pavillon capte le plus gros volume de tout le site de captage. De 2008 à 2012, cet ouvrage a capté un volume annuel moyen de 922 000 m³, avec des fluctuations de volume assez importantes selon les années (figure VI.4). L'ensemble des ouvrages de ce site prélèvent un volume moyen annuel de plus 2 200 000 m³. Ce captage est le plus important de la région.

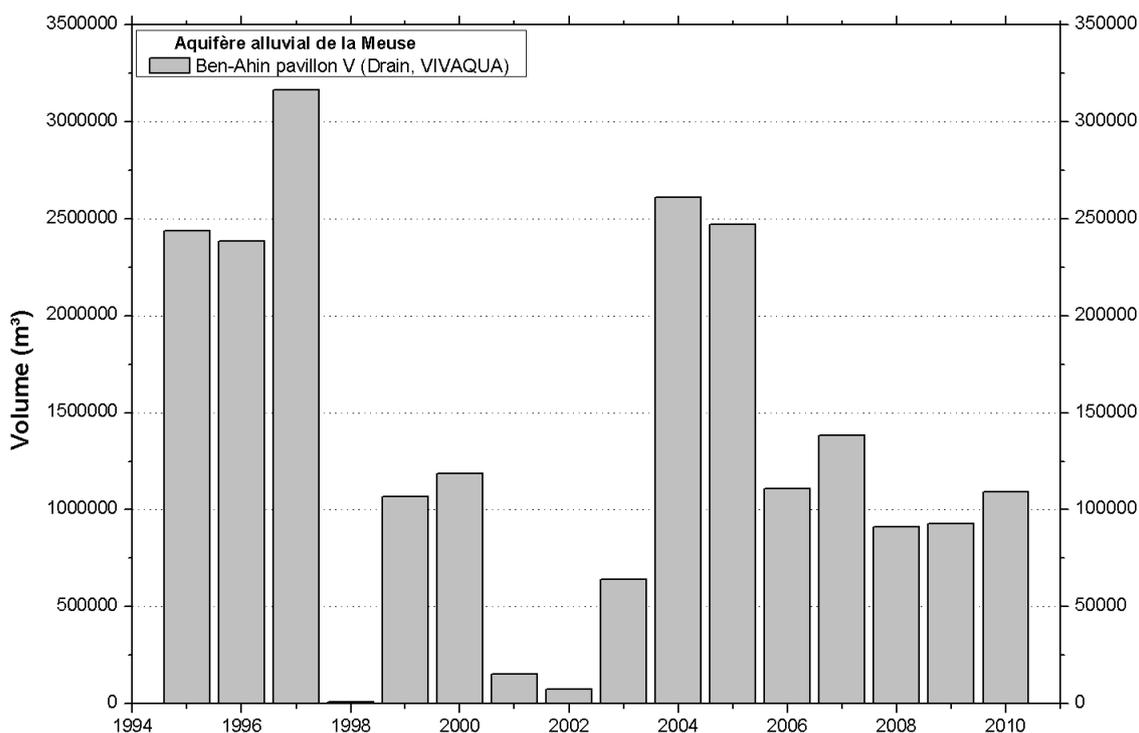


Figure VI.4: Volumes d'eau prélevés au captage de Ben-Ahin pavillon V

La nappe alluviale est aussi exploitée via de nombreux puits par des industries et des particuliers. Les volumes pompés, très variables, vont de quelques m³ à 100 000 m³ par an, voire 300 000 m³/an (Biowanze).

VI.2 AQUIFERE DES CALCAIRES DU CARBONIFERE

L'aquifère des calcaires du Carbonifère constitue le deuxième aquifère le plus exploité dans la région d'Andenne-Couthuin.

La SWDE possède quatre sites de captage exploitant la nappe logée dans les calcaires du Carbonifère: Puits Dumont, Fond des Vaux, Fontaine sainte Begge et Tramaka qui actuellement est non exploité.

Le captage du Puits Dumont sollicite la nappe calcaire à raison d'un volume annuel moyen de 290 000 m³. Après une diminution continue à partir de 2009, un arrêt de l'exploitation est observé en 2012 (figure VI.5).

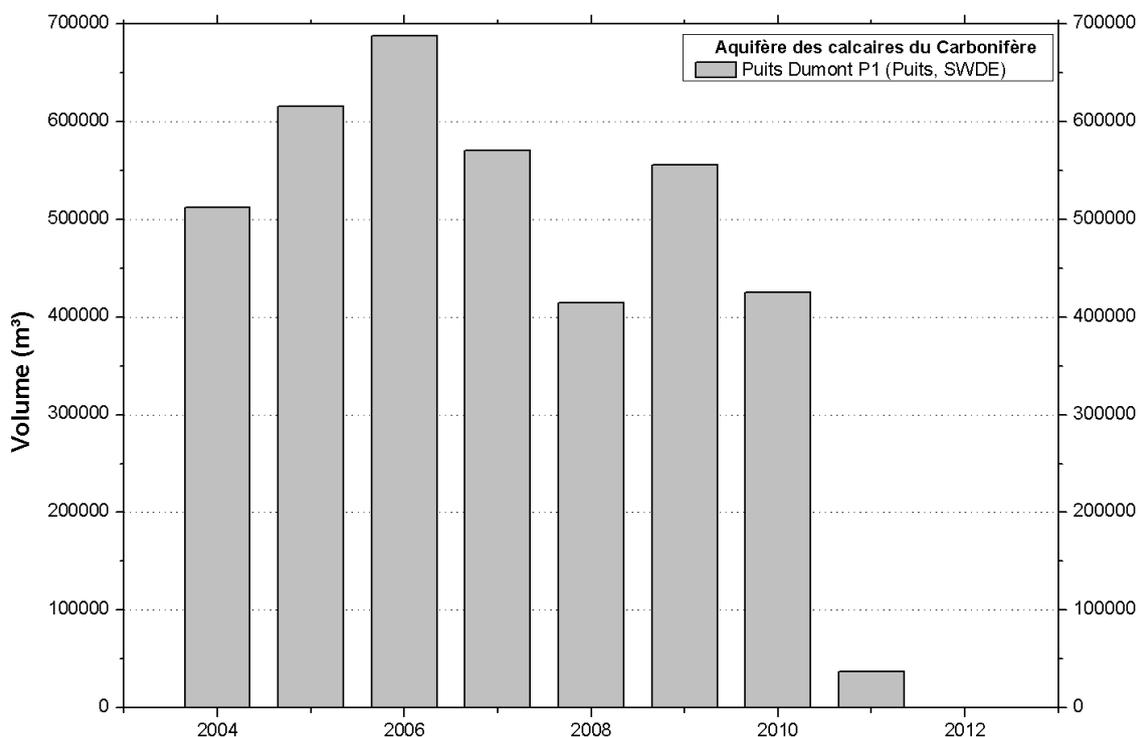


Figure VI.5: Volumes d'eau prélevés au captage du Puits Dumont P1

Le captage de la Fontaine Ste Begge est constitué d'une source drainant un volume annuel moyen de 191 000 m³. Le captage du Fond des Vaux, quant à lui, prélève un volume moyen annuel de 180 500 m³. Cependant, entre 1993 et 2006, le captage était peu sollicité au contraire de celui de la Fontaine Sainte Begge pour lequel les fluctuations du volume capté sont assez faibles (figure VI.6).

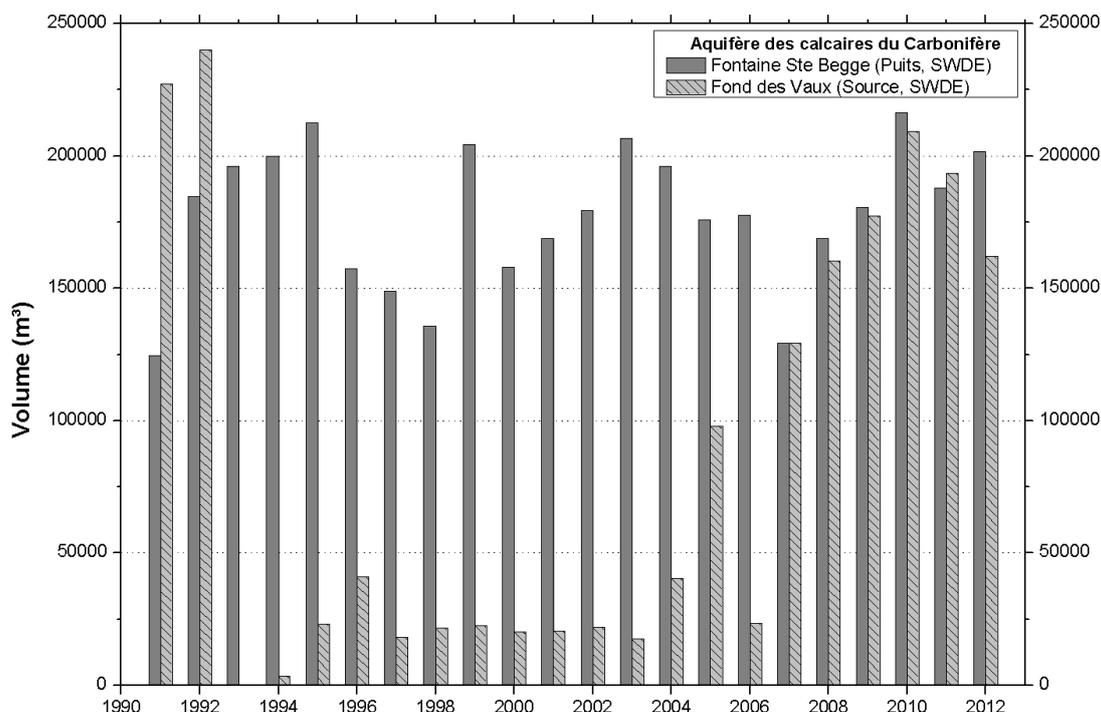


Figure VI.6: Volumes d'eau prélevés aux captages de Fontaine Ste Begge et Fond des Vaux

La société Carmeuse capte aussi un volume important pour l'exhaure des carrières de Seilles et de Moha. L'exhaure moyenne annuelle de la carrière de Seilles est de 2 178 000 m³. Les volumes exhaurés ont fortement augmenté à partir de 1999 pour permettre l'extension en profondeur de la carrière (figure VI.7). L'exhaure de la carrière de Moha atteint, annuellement, 70 000 m³ en moyenne. Ce volume est resté constant depuis 2005.

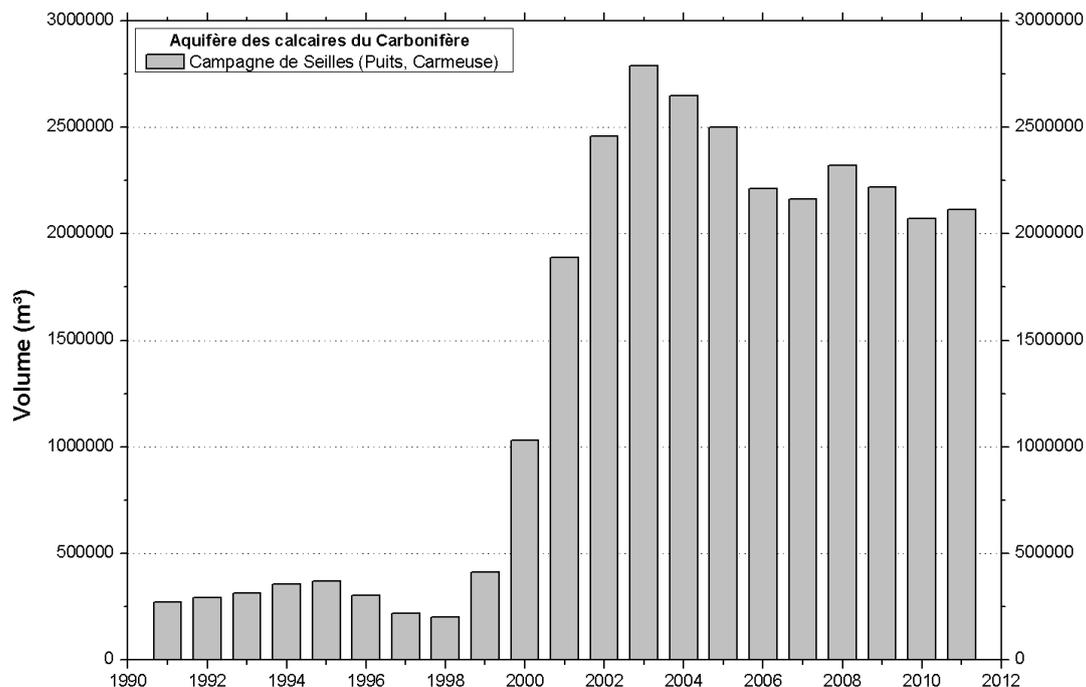


Figure VI.7: Volumes d'eau prélevés à l'exhaure de la Carrière de Seilles

Le volume pompé par les ouvrages de particuliers et d'agriculteurs est variable. Il oscille de quelques m³ et 1500 m³ par an. Le volume capté par les industries peut monter jusqu'à 50 000 m³/an.

VI.3 AUTRES UNITES HYDROGEOLOGIQUES

Peu de données sont disponibles pour les autres unités hydrogéologiques. Quelques particuliers et agriculteurs ont installé leur puits dans les terrains du Houiller et dans les formations du socle cambro-silurien mais les volumes exploités ne dépassent pas 500 m³/an.

Le captage de Gemine, galerie drainant l'aquifère des sables de remplissage (Cénozoïque) situés sur le socle cambro-silurien et exploitée par VIVAQUA, capte annuellement environ de 281 500 m³ en moyenne (figure VI.8).

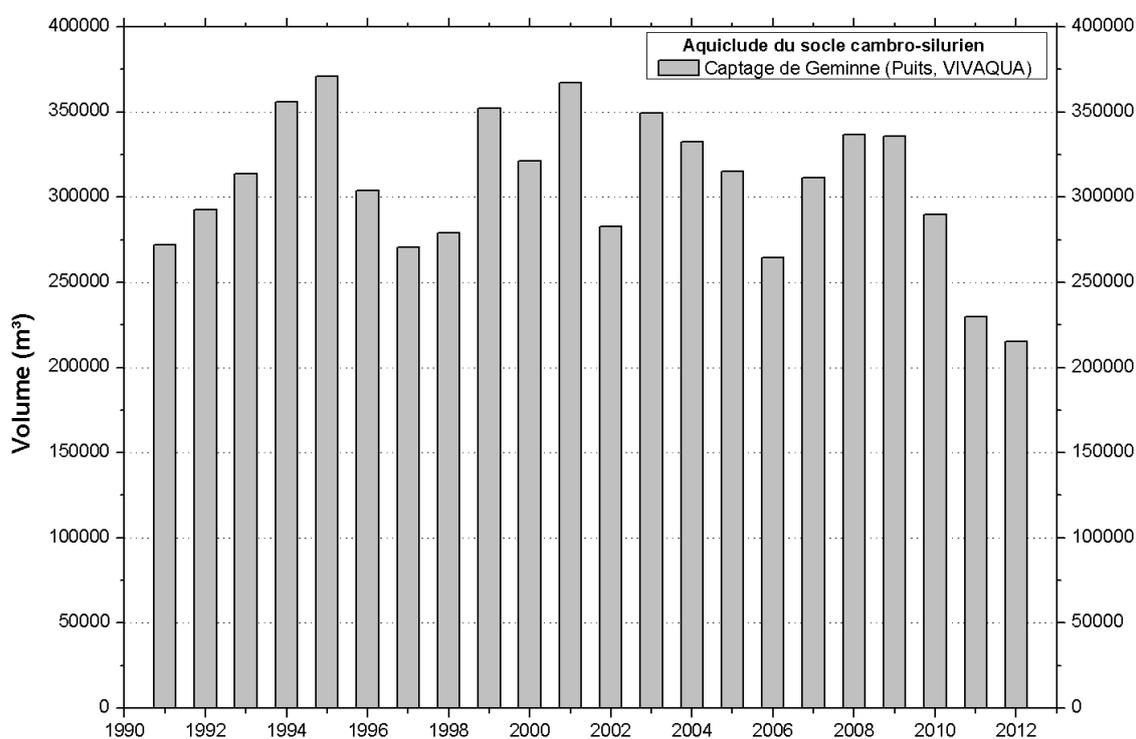


Figure VI.8 : Volumes d'eau prélevés au captage de Gemine

VII. PARAMETRES D'ECOULEMENT ET DE TRANSPORT

Seules deux unités hydrogéologiques sont abordées dans ce chapitre, par manque de données pour les autres. La raison en est que les sites étudiés par essais de pompage sont principalement les captages des sociétés de distribution publique d'eau potable¹¹. Les sites étudiés sont représentés à la figure VII.1.

VII.1 AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE

Une quinzaine d'essais de pompage ont été réalisés dans le cadre des études relatives à l'aquifère alluvial ou pour les projets de délimitation des zones de préventions des captages des sociétés de distribution publique d'eau potable. Les résultats ont permis de déterminer les valeurs des paramètres hydrodynamiques de la nappe alluviale de la Meuse sur la carte d'Andenne-Couthuin. Les résultats des essais de pompage sur chaque site sont présentés en partant de l'ouest de la carte.

Les essais de pompage réalisés sur le site du captage *Cité Tonglet* (Puits P1 et PR1), près de Sclayn, donnent des valeurs de transmissivité comprises entre 2×10^{-2} et 6×10^{-2} m²/s pour une épaisseur crépinée des alluvions saturées comprise entre 3 et 9 m (SWDE, 2006). La conductivité hydraulique calculée à partir de ces informations est donc comprise entre $6,67 \times 10^{-3}$ et 2×10^{-2} m/s.

Au captage de *Seilles*, les valeurs de transmissivité obtenues varient principalement dans une fourchette de $1,82 \pm 1,68 \times 10^{-2}$ m²/s pour une épaisseur d'aquifère saturé de 7 à 9 m et une longueur crépinée des puits de 4 m (SWDE, 1998). La conductivité hydraulique calculée à partir de ces informations est donc comprise entre $1,56 \times 10^{-4}$ et 5×10^{-3} m/s.

Au captage de *Bas-Oha*, l'interprétation des pompages d'essai fourni des transmissivités locales moyennes qui sont de l'ordre de $7,8 \times 10^{-2}$ m²/s mais pouvant descendre jusqu'à $1,1 \times 10^{-3}$ m²/s dans les horizons plus argileux pour une épaisseur d'aquifère saturé de 5 à 9 m. La longueur crépinée des puits est comprise entre 4 et 6 m avec une moyenne de 5,50 m (SWDE, 1997). Les conductivités hydrauliques calculées sont comprises entre $1,22 \times 10^{-4}$ et $1,56 \times 10^{-2}$ m/s.

A Bas-Oha toujours, les essais de pompage réalisés au *Puits Rondia* mettent en évidence des valeurs de transmissivité comprises entre 4×10^{-3} et $1,7 \times 10^{-2}$ m²/s pour une épaisseur

¹¹ Source : Les résultats des essais de pompages et les valeurs de transmissivités décrits dans ce chapitre proviennent des rapports techniques de la SWDE, en ce qui concerne les captages de distribution publique de l'eau, renforcés par les rapports de Tractebel. Les résultats des essais de pompages réalisés pour la carrière de Seilles proviennent du rapport d'Ecofox et ceux concernant le puits Rondia ont été décrits dans le rapport de Geolys pour BioWanze.

d'aquifère saturé comprise entre 8 et 10 m (Geolys, 2007). A partir de ces valeurs, des conductivités hydrauliques entre 4×10^{-4} et $2,13 \times 10^{-3}$ m/s ont été calculées.

De manière générale, les transmissivités moyennes mesurées sont comprises entre $1,5 \times 10^{-2}$ et 6×10^{-2} m²/s pour des épaisseurs d'aquifère saturé comprise entre 5 et 10 m. Dans les zones plus limoneuses, les valeurs se rapprochent d'une valeur moyenne de $4,10^{-3}$ m²/s. Les valeurs de transmissivité sont plus faibles en rabattement qu'en remontée du aux pertes de charges dans les puits. On peut donc déterminer des valeurs de conductivité hydraulique moyennes comprises entre 8×10^{-4} et 5×10^{-3} m/s.

Des essais de traçage ont été réalisés sur le site de *Seilles* (Tractebel, 2003b) suivis d'une modélisation mathématique (SGS, 2004). Des traceurs ont été injectés dans les six piézomètres autour des prises d'eau de Seilles en juillet 2003 et le contrôle a été effectué durant deux mois aux prises d'eau P2, P6 et P7. Les porosités effectives déduites des essais de traçage et de la calibration du modèle sont comprises entre 0,7 et 17 % et les dispersivités longitudinales entre 2 et 4 m. D'autres essais ont également été réalisés à *Bas-Oha* en juin 2003 (Tractebel, 2003a). Six traceurs ont été injectés dans cinq piézomètres et un puits privé 'Verlée'. La 'vitesse de passage' maximale estimée est de 0,45 m/h, la vitesse modale de 0,10 m/h et la vitesse correspondant au pic de la pollution de 0,19 m/h. L'interprétation de la courbe de restitution du lithium a suggéré les valeurs suivantes pour une épaisseur active d'aquifère de 10 m: une dispersivité longitudinale de 10,3 m, une dispersivité transversale de 8,3 et une porosité effective de 40 % (cette dernière valeur, peu plausible, est à utiliser avec précaution).

VII.1 AQUIFERE DES CALCAIRES DU CARBONIFERE

Les calcaires du Carbonifère ont fait l'objet d'une étude hydrogéologique par la société Carmeuse afin de définir l'impact de la carrière sur les eaux souterraines. De même, la SWDE a réalisé plusieurs essais de pompage pour l'établissement des zones de prévention.

Sur le site de la *carrière de Seilles* dans les calcaires du bord nord de la Meuse, les conductivités hydrauliques sont très variables et oscillent entre des valeurs allant de 5×10^{-4} à 1×10^{-3} m/s (Carmeuse P22) dans le calcaire fracturé et des valeurs de 3×10^{-8} à 4×10^{-6} m/s (Carmeuse P24, P23 et P21) dans le calcaire massif. Les conductivités hydrauliques moyennes mesurées sur le site sont de l'ordre de 10^{-7} m/s. L'épaisseur crépinée de calcaire saturé est très variable et comprise entre 15 et 60 m (Ecofox, 1991).

Pas loin de la carrière de Seilles, sur le site du captage de *Tramaka*, les valeurs de transmissivité obtenues sont très variables en fonction de l'endroit où l'essai de pompage a été effectué. Selon l'endroit, les valeurs de conductivité hydraulique sont de l'ordre de $1,5 \times 10^{-4}$ à 6×10^{-4} m/s (PR1). Elles peuvent descendre à des valeurs comprises entre 3×10^{-6} à 1×10^{-4} m/s (PR4, PR2, PR3). Cette différence entre les valeurs de conductivité

hydraulique peut se traduire par la présence du réseau d'anciennes galeries de Tramaka. L'épaisseur saturée est de l'ordre de 50 m (Ecofox, 1991; Tractebel, 1998).

Au captage du *Puits Dumont P1* à Seilles, les transmissivités obtenues sont très variables d'un ouvrage à l'autre. Des valeurs de transmissivités de l'ordre de 2×10^{-2} à 5×10^{-2} m²/s (PR1) ont été mesurées. Sur le plateau, les transmissivités sont nettement moins élevées avec des valeurs allant de 8×10^{-5} m²/s (PR4) à 2×10^{-3} m²/s (PR2, PR3) pour des épaisseurs crépinées, au niveau des calcaires, comprises entre 30 et 45 m (SWDE, 2000). A partir de ces valeurs, des conductivités hydrauliques comprises entre $1,78 \times 10^{-6}$ et $1,67 \times 10^{-3}$ m/s ont été calculées.

Au sud de la Meuse à Andenne, sur le site du captage de la *Fontaine Sainte Begge* et de la *Fontaine de l'Ours*, les valeurs de transmissivité obtenues sont assez faibles, comprises entre 7×10^{-7} et $3,8 \times 10^{-3}$ m²/s (valeurs moyennes de l'ordre de 10^{-5} m²/s). L'épaisseur crépinée, dans les calcaires saturés, est comprise entre 16 et 28 m (SWDE, 1999) et une conductivité hydraulique moyenne comprise entre $1,78 \times 10^{-6}$ et $1,67 \times 10^{-3}$ m/s est donc attendue. D'autres pompages d'essai réalisés par la SWDE à la Fontaine de l'Ours PR1 et PR3 fournissent des conductivités hydrauliques allant de 6×10^{-7} à 4×10^{-6} m/s.

Au lieu-dit des *Fonds des Vaux*, sur le site du captage du même nom, les valeurs de transmissivités sont de l'ordre de 2×10^{-6} m²/s (PR2, PR3) pour des épaisseurs crépinées comprises entre 12 et 44 m (SWDE, 1998). Les conductivités hydrauliques calculées sont de $4,55 \times 10^{-8}$ et $1,67 \times 10^{-7}$ m/s pour des hauteurs crépinées de 44 et 12 m respectivement. D'autres résultats de pompages d'essai réalisés par la SWDE à cet endroit montrent des conductivités hydrauliques allant de 4×10^{-8} à 8×10^{-7} m/s pour ces deux ouvrages.

Les valeurs de conductivité hydraulique dans les calcaires du Carbonifère sont très variables vu le contexte géologique complexe (conduits karstiques, degrés de fissuration variés, ...). De calcaires massifs et compacts, on passe à des zones karstiques et à des calcaires plus perméables car fortement fracturés. Les valeurs moyennes de conductivité hydraulique s'étendent donc entre des valeurs de l'ordre de 10^{-8} à 10^{-3} m/s. La majorité des valeurs se situent cependant entre 2×10^{-6} et 3×10^{-4} m/s.

Trois essais de traçage ont été effectués dans les calcaires du Carbonifère de la zone de la carrière de Marchempré (Tractebel, 2005). Les points d'injection sont le chantoir de Bonneville, le chantoir de Chaudin ainsi que le piézomètre "Bois" tandis que les points d'échantillonnage sont la résurgence supposée de Marchempré ainsi que les puits SWDE 'Cité Tonglet' et 'Fonds des Vaux'. Les traceurs ont été retrouvés en grande quantité à la résurgence de Marchempré et en beaucoup plus faibles quantités aux puits de distribution publique d'eau potable. Les caractéristiques de la courbe de restitution à la résurgence de Marchempré (après 50 jours) permettent de déterminer des vitesses modales et moyennes

entre les points d'injection et de restitution. Celles-ci sont reprises dans le tableau VII.1. Le taux de restitution pour l'essai de traçage à partir du chantoir de Bonneville est de 60 % et la presque totalité du traceur injecté à partir du chantoir de Chaudin a été retrouvée. Le traceur injecté au piézomètre "Bois" n'a par contre pas été détecté aux points de contrôle.

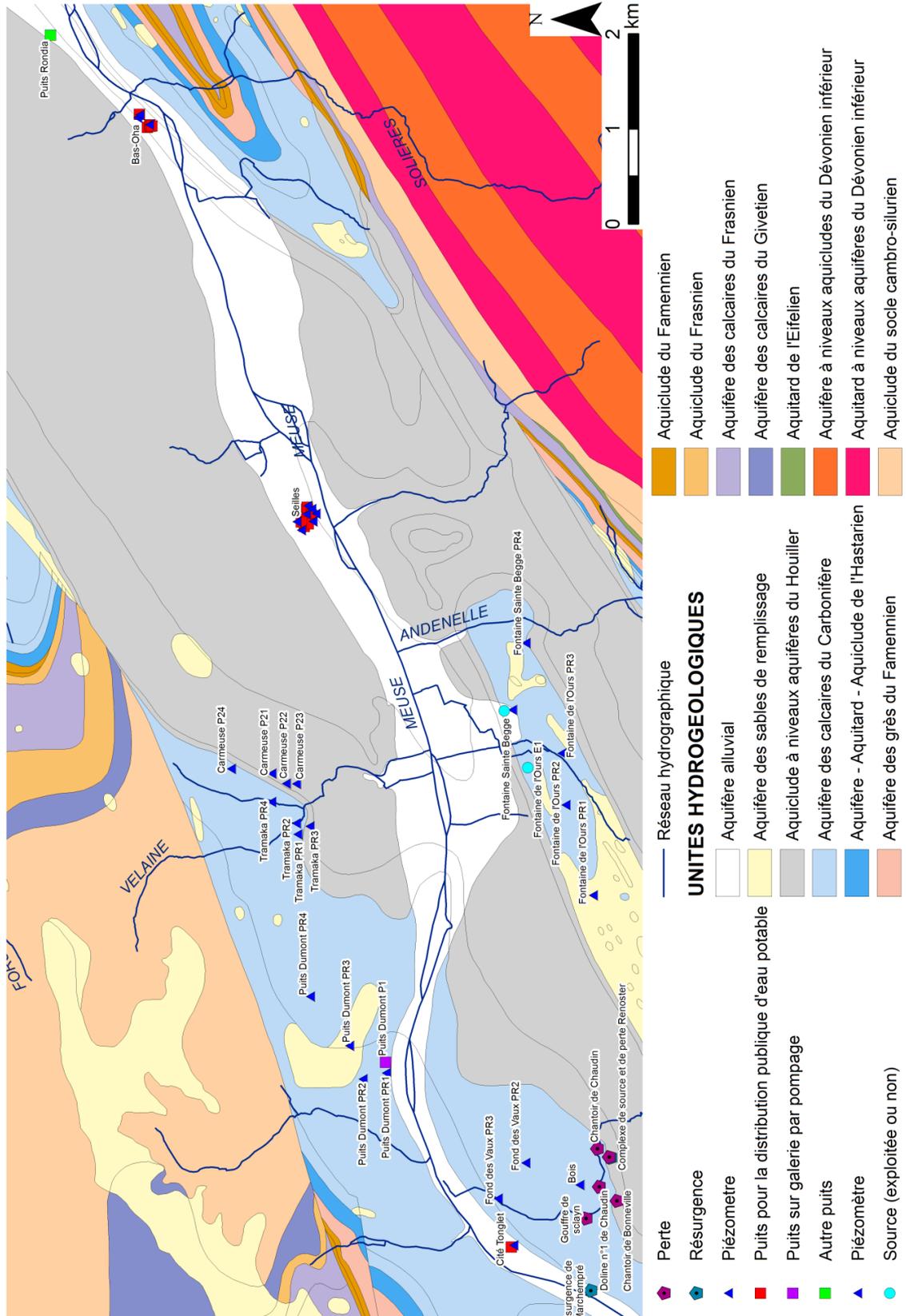
Tableau VII.1: Vitesse modales et moyennes des traçages réalisés à partir des chantoirs de Chaudin et de Bonneville vers la résurgence de Marchempré

	Traçage à partir du chantoir de Chaudin	Traçage à partir du chantoir de Bonneville
Vitesse maximale (m/h)	32,1	25
Vitesse modale (m/h)	26,1	18,4
Vitesse moyenne de transit (m/h)	15,6	8,96
Distance (m)	1875	1250

Lors de l'étude pour la détermination des zones de prévention autour du captage P1-Dumont de la SWDE à Seilles (Andenne), un essai multi-traçage a été réalisée par le bureau d'étude SGS en avril 2002 (SWDE, 2004). Trois traceurs ont été injectés (PR1-PR2-PR3)(figure VII.1). Deux ont été observés au droit de la prise d'eau P1 Dumont (PR1-PR3). Les caractéristiques des courbes de restitution sont présentées au tableau VII.2. Pour PR1, les vitesses observées sont relativement faibles malgré la faible distance par rapport au puits, ce qui indiquerait que ce piézomètre n'est pas relié à P1-Dumont via des conduits karstiques importants. Pour PR3, on observe une situation opposée. Ainsi le traceur est arrivé assez rapidement au captage. L'hypothèse d'un conduit souterrain préférentiel pouvant être le réseau de galeries et/ou un conduit karstique n'est pas impossible. Le très faible taux de restitution peut sans doute être dû à une dilution importante dans les galeries (d'où la concentration en traceur sous la limite de détection)(SWDE, 2004).

Tableau VII.2: Caractéristiques des courbes de restitution du multi-traçage sur le site de captage SWDE 'P1-Dumont' à Andenne (SWDE, 2004)

	Injection PR1	Injection PR3
Traceur	5 kg uranine	6,5kg sulforhodamine B
Temps de première arrivée (h)	64,5	96
Vitesse maximale (m/h)	7,8	4,3
Vitesse modale (m/h)	0,16	1,28
Concentration maximale (ppb)	3,6	0,4
Taux de restitution (%)	12,5	0,4
Distance (m) de la prise d'eau	116	415



VIII. ZONES DE PROTECTION

VIII.1 CADRE LEGAL

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

Afin de limiter les risques de contamination des captages, des périmètres de prévention doivent être mis en place. La législation wallonne¹² définit quatre niveaux de protection à mesure que l'on s'éloigne du captage : zones de prise d'eau (Zone I), de prévention (Zones IIa et IIb) et de surveillance (Zone III).

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.

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 :

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.

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

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 de surface de l'axe longitudinal dans le cas d'une galerie. En milieu karstique, tous les points préférentiels de pénétration (dolines et pertes) dont la liaison avec le captage est établie sont classés en zone IIa.

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

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

- 100 mètres pour les formations aquifères sableuses ;
- 500 mètres pour les formations aquifères graveleuses ;
- 1000 mètres pour les formations aquifères fissurés ou karstiques

3° Zone de surveillance ou zone III

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

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

Mesure de prévention

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 2009¹³.

La Société publique de Gestion de l'Eau¹⁴ assure la gestion financière des dossiers concernant la protection des eaux probables 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 par carte de chaque zone actuellement soumise à l'enquête publique (http://environnement.wallonie.be/zones_prevention/).

VIII.2 ZONE DE PREVENTION DU CAPTAGE DE BAS-OHA (SWDE)

A Bas-Oha, la SWDE exploite deux prises d'eau sollicitant la nappe alluviale de la Meuse. Une étude géologique et hydrogéologique a été réalisée pour délimiter les zones de prévention des prises d'eau (Tractebel, 2003a). Des essais de traçage ont permis de préciser les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère qui ont servi de base à la détermination des zones de prévention.

Etant donné la nature de l'aquifère (très perméable), il a été décidé de prendre comme zones de prévention rapprochée deux cercles de 15 m de rayon centrés sur les prises d'eau. L'essai de traçage a révélé le transfert possible d'un polluant depuis le coteau schisto-gréseux du Houiller vers la nappe des graviers de la Meuse au niveau de la voie ferrée. Ce résultat est dû à la présence de drains situés sous la voie ferrée pour collecter les eaux du talus schisto-gréseux qui surplombe le chemin de fer. La zone de prévention éloignée commune aux deux puits a donc été définie sur base du bassin d'alimentation des prises d'eau et ne se limite pas à la plaine alluviale (dans les terrains schisto-gréseux, le tracé suit les crêtes topographiques correspondant au bassin d'alimentation des prises d'eau sur

¹³ 12 février 2009 : AGW modifiant le livre II du Code de l'Environnement constituant les Codes de l'eau et 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)

¹⁴ SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999

1300 m). Le tracé a été adapté en fonction des limites administratives et les voies de communication afin d'être facilement repérable sur le terrain (figure VIII.1).

Cette zone de prévention (code SPW: SWDE053) a été arrêtée par le Gouvernement Wallon, en date du 3 novembre 2005 : *Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochées et éloignées des ouvrages de prise d'eau souterraine dénommés BAS-OHA P4 et BAS-OHA P5, sis sur le territoire de la commune de Wanze (M.B. 17.05.2006).*

VIII.3 ZONE DE PREVENTION DU CAPTAGE DE SEILLES (SWDE)

A Seilles, la SWDE exploite sept prises d'eau, nommées Seilles P1 à P7, sollicitant la nappe alluviale de la Meuse. Une étude hydrogéologique complète avec essais de traçage et modélisation a été réalisée pour délimiter les zones de prévention. Les tracés ont ensuite été adaptés aux limites administratives (figure VIII.1) (Tractebel, 2003b; SGS, 2004).

Cette zone de prévention (code SPW: SWDE 05) a été arrêtée par le Gouvernement Wallon, en date du 15 mai 2007 : *Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée des ouvrages de prise d'eau souterraine de catégorie B (potabilisable) dénommés Seilles P1, Seilles P2, Seilles P3, Seilles P4, Seilles P5, Seilles P6 et Seilles P7 sis sur le territoire de la commune d'Andenne (M.B. 26.06.2007).*

VIII.4 ZONE DE PREVENTION DU PUIITS DUMONT (SWDE)

La prise Puits Dumont P1, appartenant à la SWDE, est située en rive gauche de la Meuse. Elle exploite les calcaires du Carbonifère du bord nord de Meuse. Il donne accès à un réseau de galeries de l'ancienne exploitation du Pb-Zn de l'entreprise Dumont. Une étude hydrogéologique, avec essais de pompage, essais de traçage et modélisation, a permis de définir les zones de prévention autour du captage, définies sur base des temps de transfert.

Les limites des zones de prévention IIa et IIb incluent les installations de la zone portuaire de Sclaigieux, de la voie de chemin de fer Liège-Namur ainsi qu'une partie de la réserve naturelle de Sclaigieux. Les tracés des zones de prévention sont limités au sud par la Meuse (figure VIII.1).

Cette zone de prévention (code SPW: SWDE 068) a été arrêtée par le Gouvernement Wallon, en date du 21 avril 2005 : *Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée de l'ouvrage de prise d'eau souterraine dénommé "Puits Dumont P1", sis sur le territoire de la commune d'Andenne (M.B. 11.05.2005).*

VIII.5 ZONE DE PREVENTION DU CAPTAGE DE GEMINE (VIVAQUA)

VIVAQUA exploite une prise d'eau, constituée d'une galerie drainante de 214 m de long, exploitant la nappe des sables de remplissage cénozoïques situés sur le socle cambro-silurien du Massif du Brabant.

Les données disponibles ne permettant pas de déterminer les périmètres des zones de prévention sur base des temps de transfert mesurés, le critère des distances forfaitaires a été appliqué. Pour la zone de prévention rapprochée, la distance horizontale minimale de 25 m de part et d'autre de l'axe de la galerie captante a été retenue. Cette zone IIa est, cependant, limitée au sud par le ruisseau de Gemine. De même pour la zone de prévention éloignée, celle-ci a été définie sur base des distances reprises dans les textes légaux ainsi que sur base d'éléments géologiques et topographiques (figure VIII.1).

Cette zone de prévention (code SPW: VIVAQUA 03) a été arrêtée par le Gouvernement Wallon, en date du 1 août 2003 : *Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée de l'ouvrage de prise d'eau souterraine dénommé "Captage de Gemine", sis sur le territoire de la commune d'Andenne (M.B. 15.09.2003).*

VIII.6 AUTRES ZONES DE PREVENTION

Aucune zone de prévention n'a été jusqu'à présent définie autour des autres captages de distribution publique d'eau potable de la carte d'Andenne-Couthuin. Dès lors, ces zones à définir sont symbolisées sur la carte hydrogéologique par un triangle vide, tracé autour des captages toujours exploités pour la distribution publique d'eau potable. Les prises d'eau pour lesquelles les titulaires ont mentionné un arrêt définitif ne sont pas reprises.

Les captages soumis à zones de prévention sont les puits Cité Tonglet et Fond des Vaux (SWDE), les sources Fontaine Ste Begge et Fontaine de l'Ours (SWDE) ainsi que les douze prises d'eau du captage de Ben-Ahin (VIVAQUA)(figure VIII.1).

Une étude, sollicitée par la SWDE, est en cours par le bureau AQUALE dans le cadre de l'établissement des zones de prévention des prises d'eau Fonds des Vaux et Cité Tonglet.

En l'absence de données, il convient habituellement de se référer provisoirement aux distances fixes forfaitaires définies dans la législation soit:

- pour la zone IIa: 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 longitudinale dans le cas d'une galerie;
- pour la zone IIb: une distance horizontale de 1000 mètres.

Remarquons que la détermination des zones de prévention par la méthode des distances fixes ne tient pas compte de l'existence:

- d'un gradient régional qui limite les risques de pollution des captages à partir de l'aval et augmentent ces mêmes risques vers l'amont;
- d'hétérogénéité des formations géologiques;
- d'axes d'écoulement préférentiel et de phénomènes karstiques.

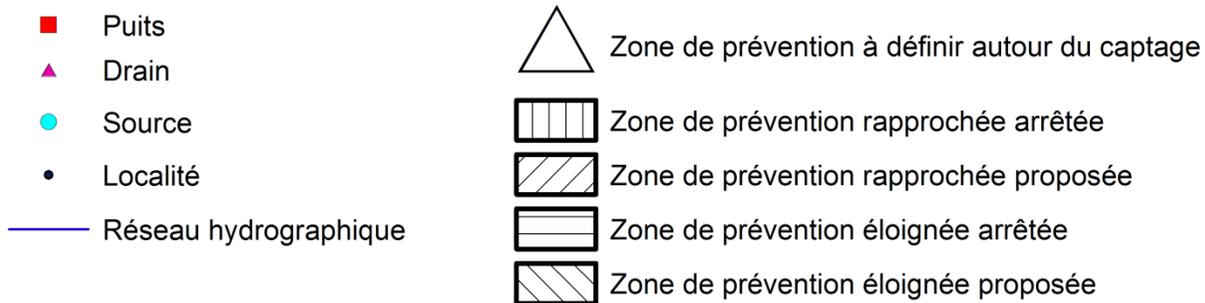
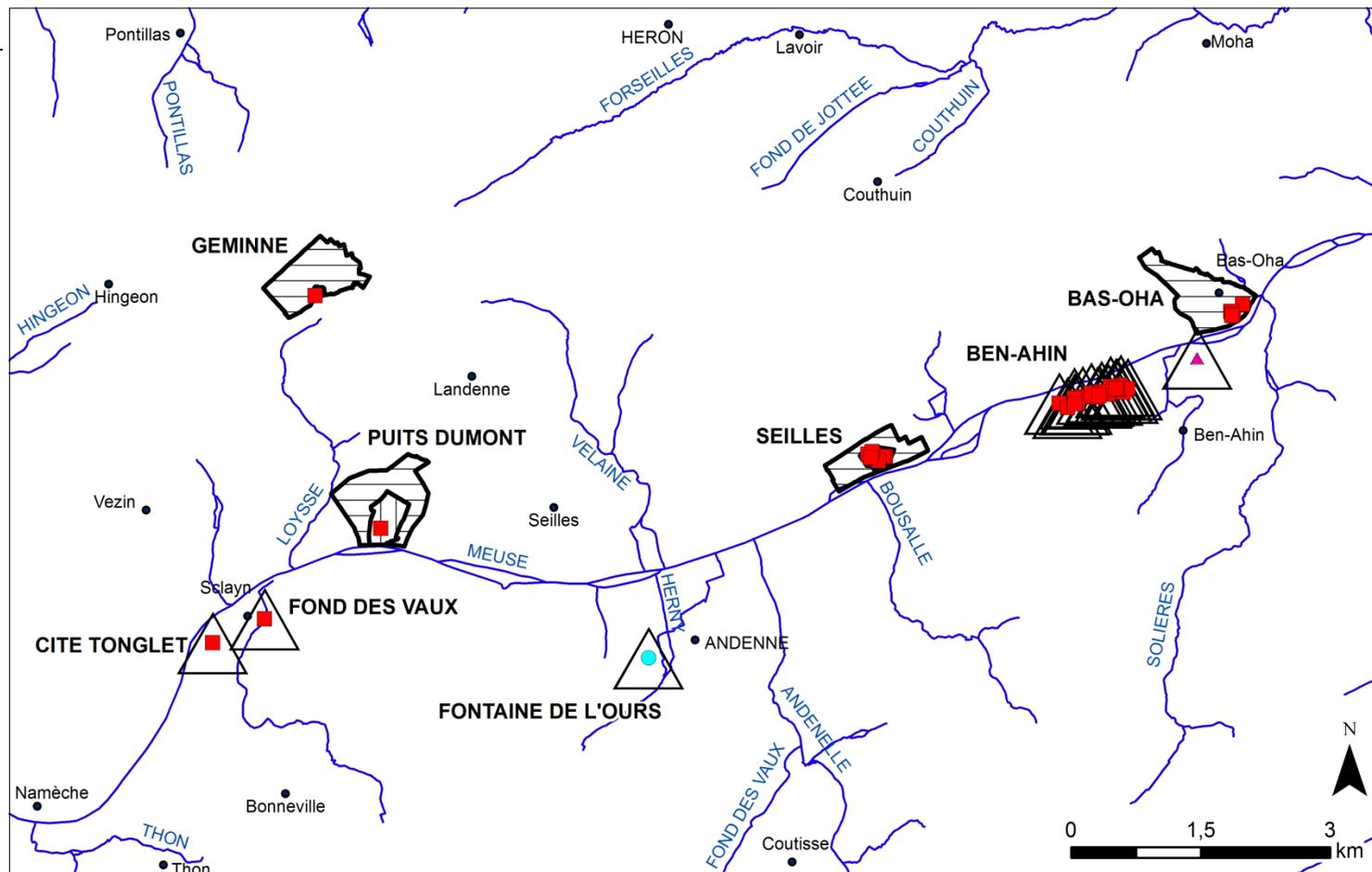


Figure VIII.1: Zones de prévention de la carte d'Andenne-Couthuin

IX. METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

Ce chapitre décrit brièvement les données géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques utilisées pour construire la carte hydrogéologique d'Andenne-Couthuin. Il aborde les principales sources d'informations disponibles pour la région étudiée. Les données collectées sont encodées dans une base de données structurée et mises en cartes. La structure du poster, au format A0, est également présentée dans ce chapitre.

IX.1 ORIGINES DES INFORMATIONS

IX.1.1 Données géologiques et connexes

Les données géologiques proviennent essentiellement de la carte géologique tracée en 1901 par X. Stainier (carte n°145, Andenne-Couthuin au 1/40 000). Des descriptions de forages sont également disponibles auprès du Service Géologique de Belgique et des sociétés de distribution publique d'eau potable.

Des discontinuités avec les cartes voisines entre les limites géologiques et/ou hydrogéologiques peuvent apparaître. Ces disparités sont le résultat de l'utilisation de fonds géologiques de générations différentes ou d'auteurs différents. Dans ce cas-ci, les quatre cartes voisines de la carte Andenne-Couthuin sont toutes des anciennes cartes géologiques tracées (SGB, 1/40 000, 1893 à 1901). Cependant, quelques discontinuités déjà présentes sur les anciens fonds géologiques sont observées. Lors de l'édition des nouvelles cartes géologiques, elles disparaîtront. Concernant les unités hydrogéologiques en tant que telles, des décalages existent à l'est. Sur la carte Andenne-Couthuin, dans l'anticlinal de Ben-Ahin, l'Assise Fa1b n'est pas différenciée en Fa1b (aquiclude du Famennien) et Fa1c (aquitard du Famennien) comme sur la carte Huy-Nandrin, résultant en des discontinuités. Enfin, une discontinuité existe entre les formations contiguës T1 et T2, la première étant qualifiée d'aquifère, aquiclude et aquitard de l'Hastarien sur la carte Andenne-Couthuin, et la deuxième étant qualifiée d'aquifère des calcaires du Carbonifère sur la carte Huy-Nandrin.

Des données concernant les calcaires carbonifères et dévoniens sont issues de l'atlas du karst wallon (CWPESS, 1996).

Plusieurs sites de la région étudiée ont fait l'objet d'investigations géophysiques. Ces zones de prospection géophysique ont été localisées sur la carte hydrogéologique. Le type de prospection géophysique menée et les références bibliographiques sont mentionnées ci-après. Ces investigations ont permis de préciser le contexte géologique de la zone prospectée (lithologique et structural) dans le but de déterminer au mieux l'emplacement pour des forages, de préciser la nature et la structure des terrains, de localiser les axes de fracturation, les zones karstifiées.

- Site de Tramaka (Tractebel, 1998): 6 sondages électriques, 1 profil VLF, 6 tomographies électriques.
- Site de la carrière de Seilles (Ecofox, 1991): 3 scanners électriques, 6 sondages électriques, 6 sondages sismiques.
- Site du captage du puits Dumont (SWDE, 2000): 8 traînées électriques, 7 sondages sismiques, 21 sondages électriques.
- Site du captage de Cité Tonglet et Fond des Vaux (ISSeP, 2005): 5 traînées électriques, 1 profil d'imagerie électrique, 4 sondages électriques, 4 sondages sismiques.
- Site du captage de la Fontaine Ste Begge et Fontaine de l'ours (SWDE, 1999): 7 sondages électriques, 5 sondages sismiques, 2 profils d'imagerie électrique et 5 profils électriques (traînées électriques).
- Site de la carrière de Moha (LGIH, 1992): 7 sondages sismiques et 5 profils radar.

IX.1.2 Données météorologiques et hydrologiques

Des données de températures et de précipitations sont disponibles à l'IRM pour la station de Landenne G25 (données de précipitation depuis juillet 1997), de Ben-Ahin GV5 (données de précipitation depuis janvier 1951 et de températures depuis novembre 1994) et d'Andenne GV60 (données de précipitation depuis août 1981).

Sur la carte étudiée, le SETHY-SPW possède une station limnimétrique sur la Mehaigne, station Moha (7242).

IX.1.3 Données hydrogéologiques

IX.1.3.1 Localisation des ouvrages

Sur la carte hydrogéologique, 357 ouvrages sont répertoriés (ouvrages toujours existants), issues de la base de données BD-Hydro. Parmi ces points, on compte 207 puits, 130 piézomètres, 8 sources, 5 puits sur galerie, 1 drain, 6 sondes géothermiques¹⁵.

En outre, selon l'atlas du karst, 12 pertes (dolines-chantoirs) et 6 résurgences sont observées sur la planche étudiée.

Les ouvrages linéaires de type drain ou galerie, ont été localisés sur la carte lorsque l'information était disponible. Le tracé a été fourni par les titulaires des ouvrages. Ces

¹⁵ Il s'agit de forages creusés uniquement pour descendre une sonde géothermique en profondeur. Ils sont ensuite rebouchés et le liquide caloporteur circule dans un tube en U cimenté dans le forage. Il n'y a donc pas de prise d'eau proprement-dit.

données ne sont donc pas exhaustives. La liste suivante reprend les seuls ouvrages indiqués sur la carte :

- La galerie drainante de Gemine fait 214 m de long et se situe à faible profondeur dans l'aquifère des sable de remplissage. Elle alimente le captage de Gemine.
- Les galeries du captage de Puits Dumont forment un réseau datant de l'ancienne exploitation du plomb et du zinc par l'entreprise Dumont.
- La galerie de Tramaka, alimentant le captage de Tramaka (à l'arrêt depuis 2002), draine les eaux d'exhaure des anciennes galeries de mine de la concession de Tramaka, creusées en 1850 pour l'exploitation des minerais de fer, de plomb et de zinc. Le tracé présenté est incertain (reposant sur des données anciennes non validées).
- La galerie Java est une ancienne galerie de mine de 3200 m anciennement exploitée pour les gisements de fer. Cette galerie a une influence importante sur l'hydrogéologie de la région. Elle draine, dans les terrains calcaires du nord de la faille de Landenne, une grande partie des eaux du bassin de la Mehaigne vers la Meuse.

Dans la notice, d'autres galeries sont également mentionnées ([chapitre IV.2](#)). Cette donnée a été fournie par le SPW-DGARNE/DPA (uniquement la localisation géographique). Ce fichier compte six galeries situées dans les formations du Carbonifère (calcaires ou terrains schisto-gréseux).

Ces données proviennent des sociétés de distribution d'eau, des administrations communales, des carriers, d'industriels, de divers rapports techniques (voir liste bibliographique), de particuliers et de la base de données du SPW-DGARNE-DESO (<http://carto1.wallonie.be/10sousInt>).

IX.1.3.2 Données piézométriques

Des valeurs piézométriques sont disponibles pour la carte d'Andenne-Couthuin. Ces relevés proviennent principalement de la DGARNE, des sociétés de distribution d'eau, de diverses études et de campagnes sur le terrain. Ces dernières ont été réalisées d'une part dans le cadre de la réalisation de cette carte en 2010, et d'autre part dans le cadre du réseau de surveillance du SPW. Les premières mesures encodées dans la banque de données datent de 1992. Depuis octobre 2013, la Direction des Eaux Souterraines (SPW, DGARNE-DGO3) met à disposition via le site PIEZ'EAU de nombreuses données piézométriques <http://piezo.environnement.wallonie.be>.

Les données piézométriques sont principalement disponibles pour les ouvrages implantés dans l'aquifère alluvial et dans l'aquifère des calcaires du Carbonifère. Des données existent aussi pour les autres unités hydrogéologiques (Houiller, Socle cambro-silurien, Dévonien inférieur) mais en moindre quantité. Un tri des cotes piézométriques ponctuelles, reportées sur la carte hydrogéologique au 1/25.000, a été effectué pour une meilleure lisibilité.

IX.1.4 Données hydrochimiques et tests sur les puits

L'essentiel des données hydrochimiques ont été fournies par la base de données du SPW (Calypso), par la SWDE et quelques sociétés privées, ainsi que lors des campagnes de prélèvement sur le terrain.

Plus d'une centaine d'ouvrages (puits, piézomètres, sources, ...) sont concernés, comptabilisant plus de 5500 valeurs. Une majorité de ces analyses caractérisent la nappe alluviale et celle des calcaires du Carbonifère. Ces ouvrages sont reportés sur la carte des informations complémentaires et des caractères des nappes. Au [chapitre V](#) sont reprises de manière synthétique quelques-unes des analyses hydrochimiques, permettant ainsi de caractériser l'hydrochimie des unités hydrogéologiques de la région étudiée.

Divers tests sont parfois menés sur les puits, tels que des diagraphies, des essais de pompage ou encore des essais de traçage, afin de mieux connaître le contexte hydrogéologique dans lequel ces ouvrages sont implantés. Ces données proviennent généralement des sociétés de distribution publique d'eau, des travaux de fin d'études et de thèses, d'études hydrogéologiques diverses. Le résultat de ces tests (essais de pompage et traçages essentiellement) sont synthétisés au [chapitre VII](#). Sur la carte thématique précitée, les puits où de tels tests ont été réalisés sont mis en évidence par divers symboles.

IX.1.5 Autres données

La carte hydrogéologique de Wallonie est composée aussi d'informations relatives aux zones de prévention autour des captages, aux zones vulnérables aux nitrates, etc. En fonction de la zone étudiée, ces couches d'informations ne sont pas toujours présentes.

Sur la carte d'Andenne-Couthuin, quatre zones de prévention arrêtées sont reportées sur la carte principale. Le contour de ces zones a été fourni par le Service Public de Wallonie. Ces zones sont décrites au [chapitre VIII](#).

Plusieurs zones vulnérables aux nitrates ont été définies en Région Wallonne. La carte d'Andenne-Couthuin est entièrement comprise dans deux zones: Nord du sillon Sambre et Meuse & Sud Namurois. Le contour de ces zones a été fourni par le SPW. De plus amples renseignements sont repris au [paragraphe V.2](#).

IX.2 BASE DE DONNEES HYDROGEOLOGIQUES

De façon générale, les données des cartes hydrogéologiques nécessitent une organisation structurée de manière à optimiser leur stockage, leur gestion et leur mise à jour. Ainsi une base de données hydrogéologique géorelationnelle a été développée (Gogu, 2000; Gogu et al, 2001). Cette première version de la base de données a été régulièrement améliorée.

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

Ainsi les données détaillées de l'hydrochimie, de la piézométrie, des volumes exploités, des paramètres d'écoulement et de transport, de géologie telles que les descriptions de log de forages et d'autres données administratives ou autres sont stockées dans la BD-HYDRO (Wojda *et al.*, 2005). Elle regroupe toutes les informations disponibles en matière d'hydrogéologie en Région wallonne. Parmi les nombreuses et diverses données de la BD-HYDRO on trouve des informations relatives à la localisation des prises d'eau (puits, sources, piézomètres,...). Leurs caractéristiques géologiques et techniques, ainsi que des données sur la piézométrie, la qualité physico-chimique des eaux souterraines, les volumes prélevés... les divers tests (diagraphies, essais de pompage, essais de traçage, prospection géophysique) sont également encodés dans la BD-HYDRO. Elle est également enrichie avec les informations sur les études, rapports et autres documents hydrogéologiques écrits. Ces renseignements se présentent sous la forme de métadonnées.

IX.3 POSTER DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

Le poster de la carte hydrogéologique est composé de plusieurs éléments:

- La carte hydrogéologique principale (1/25.000);
- Les cartes thématiques (1/50.000);
- Carte des informations complémentaires et des caractères des nappes;
- Carte des volumes d'eau prélevés;
- Les coupes hydrogéologiques;
- Le tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie';
- La carte de la Belgique (1/5.000.000) où est localisée la carte étudiée.

IX.3.1 Carte hydrogéologique principale

La carte principale (1/25.000) comprend plusieurs couches d'informations:

- Le fond topographique de la carte IGN;
- Le réseau hydrographique;
- Les unités hydrogéologiques;
- Les failles;
- Les piézomètres;
- Les puits de sociétés de distribution d'eau;

- Les puits privés exploités et déclarés à la Région wallonne;
- Les sources exploitées ou non;
- Les puits d'accès aux galeries et drains;
- Les sondes géothermiques;
- Les pertes et résurgences connues;
- Les stations limnimétriques;
- Les stations climatiques;
- Les isopièzes de la nappe alluviale de la Meuse au droit du site de Ben-Ahin (Huy)
- A défaut de carte piézométrique complète, des valeurs de niveau d'eau avec la date de mesure. Les informations disponibles étant trop peu nombreuses pour tracer les isopièzes de chaque aquifère et le sens probable de l'écoulement souterrain.
- Les écoulements karstiques reconnus par traçage;
- Les zones de prévention IIa et IIb arrêtées par le Gouvernement Wallon;
- Les zones de prévention à définir;
- Le trait localisant le tracé de la coupe hydrogéologique.

IX.3.2 Carte des informations complémentaires et des caractères des nappes

Cette carte permet de localiser les différents sites où des données quantitatives ou qualitatives sont disponibles (analyses chimiques, diagraphies, essais de pompages, essais de traçage). Des informations sur l'état hydrochimique des unités hydrogéologiques de la carte étudiée sont détaillées dans le [chapitre V](#). Plusieurs essais de pompage et de traçage ont été réalisés dans cette région. Les paramètres hydrodynamiques mesurés et calculés sont présentés dans le [chapitre VII](#).

Le caractère des nappes rencontrées est spécifié : nappe libre, nappe semi-captive (semi-libre) ou nappe captive. Il est à noter que c'est la première nappe rencontrée (nappe à l'affleurement, sous la couverture limoneuse) qui est généralement caractérisée. De plus amples informations sont fournies dans le chapitre consacré à la description des unités hydrogéologiques de la carte et plus spécifiquement dans le [sous-chapitre IV.2.7](#).

Les zones de prospection géophysique sont également localisées. Le but de ces investigations géophysiques est de mieux connaître le sous-sol, ses caractéristiques géométriques, la nature des terrains en vue, entre autres, d'optimiser l'implantation des futurs puits et piézomètres. La carte hydrogéologique n'ayant pas pour objectif de présenter en détails les méthodes employées et les résultats obtenus, une simple liste des sites étudiés est dressée. Pour plus d'informations sur les campagnes de prospection géophysique, le lecteur est invité à consulter les dossiers mentionnés au [paragraphe IX.1.1](#).

L'ensemble du territoire couvert par la carte Andenne-Couthuin est concerné par les zones vulnérables aux nitrates. Cette désignation implique l'application d'un programme d'actions précis dont les mesures ont été arrêtées dans un code de "bonne pratique agricole". Plus d'informations sur les nitrates sont disponibles au [paragraphe V.2](#).

IX.3.3 Carte des volumes d'eau prélevés

Sur cette carte thématique, sont reportés l'ensemble des points hydrogéologiques (forages, drains, sources, résurgences/pertes) classés selon l'unité hydrogéologique sollicitée. Cette carte, au 1/50.000, reprend également les volumes d'eau prélevés annuellement, informations extraites de la base de données de la Région Wallonne "dix-sous" (D GARNE). Les volumes représentés sont les volumes déclarés par les titulaires auprès de l'administration wallonne. Deux catégories de volumes sont répertoriées sur la carte d'Andenne-Couthuin : les volumes destinés à la distribution publique d'eau potable et les autres volumes (particuliers, agriculteurs, industries...). Les données présentées sur cette carte sont les volumes de l'année 2011 (et de 2012 pour les volumes de la distribution publique d'eau potable).

La présentation des volumes moyens prélevés, correspond à la moyenne sur 2007-2011 (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 ni du potentiel d'exploitation, ni de l'exploitation réelle des nappes. Elles reflètent simplement l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées. Parmi ces dernières, il se peut que certaines d'entre elles soient des années sans prélèvement. Le [chapitre VI](#) consacré à l'exploitation des aquifères reprend l'historique des principaux captages de la carte.

IX.3.4 Tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie'

Le tableau lithostratigraphique reprend la liste des différentes formations géologiques susceptibles d'être rencontrées sur la carte Andenne-Couthuin, traduites en termes d'unités hydrogéologiques. La définition de ces unités est présentée en détails dans le [chapitre IV](#).

IX.3.5 Coupes hydrogéologiques

Parmi les éléments présentés sur le poster de la carte hydrogéologique Andenne-Couthuin figurent les coupes hydrogéologiques. Elles permettent de comprendre dans son ensemble le contexte géologique de la région. Les grands structures géologiques y apparaissent (plis, failles). Là où la donnée est disponible, des informations sur les niveaux d'eau souterraine sont présentées. Cette coupe est commentée, en détails, au [chapitre IV.2.5](#). Cette coupe a été tracée d'après la carte géologique de Stainier (1901).

X. BIBLIOGRAPHIE

Balcon J. (1981): Quelques idées sur les minéralisations plombo-zincifères dans les formations carbonatées en Belgique. *Bulletin de la société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie, Tome 90*, F. Hayez, Bruxelles, p 9-62.

Belanger I., Delaby S., Delcambre B., Ghysel P., Hennebert M., Laloux M., Marion JM., Mottequin B., Pingot JL. (2012): Redéfinition des unités structurales du front varisque utilisées dans le cadre de la nouvelle Carte géologique de Wallonie (Belgique). *Geologica Belgica*, 15/3 : 169-175

Boulvain F. & Pingot JL. (2011): Genèse du sous-sol de la Wallonie. Classe des Sciences, Collection in-8, ISSN 0365-0936 ; 34. *Académie royale de Belgique*, 190 pp

Brouyère S, Gesels, J, Goderniaux P, Jamin P, Robert T, Thomas L, Dassargues A, Bastien J, Van Wittenberge F, Rorive A, Dossin F, Lacour JL, Le Madec D, Nogarède P, Hallet V. (2009) : Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en œuvre de la Directive Européenne 2000/60 sur les masses d'eau souterraine en Région Wallonne (Projet Synclin'EAU), livrables D.2.22 et D.3.12 – parties MESO RWM011 et RWM012 (rapports finaux de caractérisation 1/2). Convention RW et SPGE-Aquapole.

Bultynck P. & Dejonghe L. (2001): Lithostratigraphic scale of Belgium, *Geologica Belgica*, Volume 4, N°1-2, Bruxelles.

CWEPSS (1996): Atlas du Karst Wallon: Inventaire cartographique et descriptif des sites karstiques et rivières souterraines de Wallonie. *DGARNE & CWEPSS* (Commission Wallonne d'Etude et de Protection des Sites Souterrains asbl) <http://www.cwepss.org/atlasKarst.htm> + actualisation des données (version informatique, 2006)

Dejonghe L. (2007): Guide de lecture des cartes géologiques de Wallonie au 1/25 000. 3^e édition. *Service Public de Wallonie*, 51p

Dejonghe L. (2009): Les gisements plombo-zincifères de la région d'Andenne : Andenelle, Ben, Fond de Jottée, Haies Monet, Héron, Landenne, Lavoir, Lovegnée, Marsinne, Moha, Roua, Sarts, Sissoule, Sclermont, Velaine, Tramaka et Vezin., *Memoirs of the Geological Survey of Belgium Nr 56-2009*, Institut royal des sciences naturelles de Belgique.

DGARNE-Direction des Eaux souterraines et Protectis-Cellule DCE. (2010): Directive cadre de l'eau. Etat des lieux des districts hydrographiques. Fiches de caractérisation des masses d'eau souterraine. juin 2010.

http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/GuideFichesMESO_v1_20.pdf

<http://spw.wallonie.be/dce/fme/RWM011.pdf>

<http://spw.wallonie.be/dce/fme/RWM12.pdf>

<http://spw.wallonie.be/dce/fme/RWM041.pdf>

<http://spw.wallonie.be/dce/fme/RWM072.pdf>

<http://spw.wallonie.be/dce/fme/RWE160.pdf>

Droeven E., Feltz C. & Kummert M. (2004): Les territoires paysagers de Wallonie. Conférence permanente du développement territorial, Etudes et Documents 4, Ministère de la Région Wallonne, 68 pp + annexes.

Ecofox (1998): Etude hydrogéologique du Bois de Sirou. Carmeuse s.a. Rapport 981. 95 pp

Ecorem (2004): Etude de caractérisation du site "Brenner"-Nr0108-002. SPAQuE: Cahier spéciale des charges CAR-SAED-AD-A113/0204/01. Juillet 2004. 70 pp + annexes

Foucault A. & Raoult J.-F. (1999): Dictionnaire de géologie, 4^{ème} édition, Masson, Paris

Geolys (2007): Interprétation d'essais de pompage au puits Rondia - Biowanze. Rapport D356

Gogu R.C. (2000): Advances in groundwater protection strategy using vulnerability mapping and hydrogeological GIS databases, *Thèse de doctorat, Université de Liège*.

Gogu R.C., Carabin G., Hallet V., Peters V., Dassargues A., (2001): GIS-based hydrogeological databases and groundwater modelling, *Hydrogeology Journal*: 9: 555-569.

Haddouchi B. (1987): Etude géologique et hydrogéologique de la plaine alluviale de la Meuse en Belgique, *Thèse de doctorat, Université de Liège, Liège*.

ICEW (2012): Les Indicateurs Clés de l'Environnement Wallon (ICEW 2012)- Direction de l'Etat Environnemental - SPW - DGARNE - DEMNA – DEE- <http://etat.environnement.wallonie.be>

IRCO (2003): Etude d'orientation du site "SNr0108-02s"- "Brenner" à Andenne. SPAQuE: Cahier spécial des charges CAR/01-0302. Bureau d'études IRCO sprl. Octobre 2002 – Janvier 2003. 7 p + annexes.

ISSeP (2005): Société Wallonne des Eaux : Etude géophysique dans le cadre de l'étude des zones de prévention des prises d'eau "Cité Tonglet P1 et Fond des vaux P2" à Andenne, Rapport n°1358/2005, p14

LGIH (1992): Carmeuse-Carrière de Moha, Site "le Château", CAR/921.

Lizin P. (2006): Caractérisation hydrogéologique du bassin du Samson, travail de fin d'étude, Faculté des sciences appliquées, Université de Liège. pp 114

Pfannkuch H-O. (1990): Elsevier's Dictionary of Environmental Hydrogeology, *Elsevier*.

Roelandts G. (1993): Etude hydrogéologique des calcaires viséens et frasniens à proximité de la galerie de Java à Couthuin, *Travail de fin d'études, Université de Liège*.

Ruthy I. & Dassargues A. (2011): Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchettes Huy-Nandrin n°48/3-4. Edition: Service Public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique, Dépôt légal D/2011/12.796/3 – ISBN 978-2-8056-0081-4.

SGS (2003a): Essai de traçages, monitoring et modélisation à Andenne (Fontaine de l'Ours et Fontaine Ste Begge). SWDE

SGS (2003b): Essai de traçage et modélisation mathématique dans le cadre de l'établissement des zones de prévention des prises d'eau d'Andenne (Seilles) : Puits Dumont P1. SWDE. Rapport final E457

SGS (2003c): Etude de caractérisation de la "Zone portuaire de Sclaigieux", SPAQuE: Cahier spécial des Charges CAR/02-0111. 82 pp + annexes

SGS (2004): Modélisation mathématique dans le cadre de l'établissement des zones de prévention des prises d'eau de Andenne (Seilles) - "Seilles P1 à P7" (SWDE). Rapport E622.

SPAQuE (2005): Rapport d'analyse pour le site de la station d'épuration d'Andenne. Analyses LISEC. Données fournies par la SPAQuE

SPAQuE (2007): Site "Carrières et fours de Sclaigieux" à Andenne – Zone portuaire de Sclaigieux – Nr0108-001. Fiche d'information (mise à jour: 29/01/2007) <http://www.walsols.be/pdfs/11659/2517.pdf>

SPAQuE (2005). Analyses chimiques des eaux prélevées dans le piézomètre P1 du site de la station d'épuration d'Andenne (juillet 2005) réalisées par Lisec

SPAQuE (2010): Site "Décharge d'Anton" à Andenne – Nr0107-001. Fiche d'information (mise à jour: 25/03/2010). <http://www.walsols.be/pdfs/2668/3561.pdf> - <http://www.walsols.be/pdfs/2668/148.pdf> - Surveillance environnementale: bilan 2009 <http://www.walsols.be/pdfs/2668/3562.pdf>

SPW-DGO3 (2013): Etat des nappes d'eau souterraine de Wallonie. Edition : Service public de Wallonie, DGO3 (DGARNE), Belgique. Dépôt légal D/2013/11802/38 <http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/>

Stainier X. (1901): Carte géologique n° 145 d'Andenne-Couthuin dressée au 1/40.000. Service Géologique de Belgique

SWDE (1997): Réalisation de six piézomètre à Wanze (Anciennement Bas-Oha), Service protection des ressources et Captage, Rapport technique n°82

SWDE (1998): Réalisation de six piézomètres (Pz1 à Pz6) à Andenne (Anciennement Seilles), Service protection des ressources et Captage, Rapport technique n°96

SWDE (1999): Forage de cinq puits de reconnaissance (PR1 à PR5) à Andenne dans le cadre de l'étude des zones de prévention des prises d'eau de "Fontaine de l'ours E1" et "Fontaine Ste Begge E1", Service protection des ressources et Captage, Rapport technique n°104

SWDE (2000): Réalisation de quatre puits de reconnaissance (PR1 à PR4) et de deux piézomètres (Pz1 et Pz2) à Andenne (anciennement Seilles et Landenne) dans le cadre de l'étude des zones de prévention de la prise d'eau "Puits Dumont P1", Service protection des ressources et Captage, Rapport technique

SWDE (2003): Andenne "Fontaine de l'Ours E1" et "Fontaine Sainte Begge": Etude hydrogéologique réalisée dans les cadre de l'établissement des zones de prévention. Synthèse. Service protection des ressources et Captage, Réf: DT/031/NG/03-4401-RM/

SWDE (2004): Andenne "Puits Dumont P1"- Etude hydrogéologique réalisée dans le cadre de l'établissement des zones de prévention. Document de synthèse. Réf: DT/034/NG/01

SWDE (2006): Réalisation de trois puits de reconnaissance (PR1 à PR3) et deux piézomètres (Pz1 et Pz2) à Andenne (Sclayn) dans le cadre des études de délimitation des zones de prévention des prises d'eau "Cité Tonglet P1» et "Fond des vaux P2", Service protection des ressources et Captage, Rapport technique n°193.

Tractebel (1998): Le captage de Tramaka (SWDE): Etude hydrogéologique. Rapport final. Division Tractebel Development Wallonie.

Tractebel (2003a): Essais de traçage à Bas-Oha (SWDE). Rapport de synthèse. Tractebel Development Engineering.

Tractebel (2003b): Essais de traçage à Andenne Seilles (SWDE). Rapport de synthèse. Tractebel Development Engineering.

Tractebel (2005): Prolongation de l'activité de la carrière de Marchempré, au lieu-dit de "Bois de Friet": Etude d'incidences sur l'environnement, Chapitre 5-Hydrogéologie, Demande de permis d'extraction de carrière pour la société Dolomies de Marche-Les-Dames S.A.

UNESCO-OMM (1992): Glossaire International d'Hydrologie, seconde édition, 413p

VIVAQUA (2002): Proposition de délimitation des zones de prévention du captage de Gemine, Rapport d'étude

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

ANNEXE 1 : LISTE DES ABREVIATIONS DES INSTITUTIONS ET ORGANISMES

DGARNE – Service Public de Wallonie

Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnements (DGO3).

Département de l'Environnement et de l'Eau

Direction des Eaux souterraines (**DESO**) & Direction des Eaux de Surface (dont la Direction des Cours d'Eau non navigables, **DCENN**)

Avenue Prince de Liège, 15 à 5100 Jambes

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

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

HGE-GEO³ : Hydrogéologie & Géologie de l'Environnement – GEO³ - ArGenCo – Ulg

Batiment B52, niveau -1, Sart-Tilman à 4000 Liège

<http://www.argenco.ulg.ac.be/geo3>

IRM : Institut Royal Météorologique, Section Climatologie.

Avenue Circulaire, 3 à 1180 Bruxelles

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

ISSEP : Institut Scientifique de Service Public

Rue du Chéra, 200 à 4000 Liège

<http://www.issep.be>

LGIH : Laboratoires de Géologie de l'Ingénieur, d'Hydrogéologie et de Prospection Géophysique, Université de Liège

Suite à la succession du Professeur A.Monjoie, les activités sont poursuivies au sein d'ArGenCo – GEO³.

MET : Ministère wallon de l'Équipement et des Transport

Direction des voies hydrauliques (D.G.2) – Division des Etudes et des Programmes – Direction des Etudes hydrologiques et des Statistiques + services d'études hydrologiques (SETHY)(D.212). <http://voies-hydrauliques.wallonie.be>

Boulevard du Nord, 8 à 5000 Namur

Depuis le 1^{er} août 2008, ce service fait partie de la Direction Générale Opérationnelle Mobilité et Vois Hydrauliques (DGO2), Département des études et de l'appui à la gestion.

SGB : Service Géologique de Belgique

Département VII de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique

Rue Jenner, 13 à 1000 Bruxelles

<http://sciencesnaturelles.be/geology>

SPAQuE : Boulevard d'Avroy 38/6 à 4000 Liège

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

SWDE : Société Wallonne des Eaux

Rue de la Concorde, 41 à 4800 VERVIERS

<http://www.swde.be>

VIVAQUA : Société de distribution publique d'eau potable sur la Région de Bruxelles

Boulevard de l'Impératrice, 17-19 à 1000 Bruxelles

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

ANNEXE 2 : Table des illustrations et des tableaux

Liste des figures

Figure I.1: Localisation de la carte Andenne-Couthuin en Wallonie	6
Figure II.1: Territoires paysagers de la carte Andenne-Couthuin	8
Figure II.2: Relief, réseau hydrographique et bassins-versants de la carte d'Andenne-Couthuin.....	9
Figure II.3: Répartition de l'occupation du sol (Source : PCNOSW (GW VIII/2005/doc.1022/28.04/B.L.)(GDA, SPW). Couverture de la carte)	10
Figure II.4: Occupation du sol de la carte d'Andenne-Couthuin.....	12
Figure II.5: Types de sols pour le territoire de la carte d'Andenne-Couthuin.....	13
Figure III.1: Localisation de la carte d'Andenne-Couthuin sur la carte géologique de Wallonie (Boulvain & Pingot, 2011, modifié)	15
Figure III.2: Coupe schématique nord-sud des grandes entités géologiques en Wallonie (Boulvain & Pingot, 2011)	16
Figure III.3: Esquisse du cadre structural de la zone de la carte d'Andenne-Couthuin	24
Figure III.4: Filons plombo-zincifères et ferreux de la carte d'Andenne-Couthuin	27
Figure III.5: Carrières et anciennes carrières de la carte d'Andenne-Couthuin	29
Figure IV.1 Principaux aquifères de Wallonie – Carte Andenne-Couthuin	30
Figure IV.2: Carte piézométrique de la nappe alluviale de la Meuse au droit du site de captage de Seilles (SWDE)(d'après SGS, 2004).....	38
Figure IV.3: Chroniques piézométriques des piézomètres crépinés dans les alluvions – Site du captage de Seilles (SWDE).....	39
Figure IV.4 : Carte piézométrique locale (août 2009) dans la zone des captages de Bas-Oha (SWDE) dans l'aquifère alluvial de la Meuse	40
Figure IV.5: Chroniques piézométriques des piézomètres crépinés dans les alluvions – Site du captage de Bas-Oha (SWDE)	40
Figure IV.6: Evolution piézométrique au niveau des piézomètres T1 et T8 dans les alluvions à Ben-Ahin – Fluctuation du niveau de la Meuse	42
Figure IV.7: Carte piézométrique (mars 2011) et localisation des ouvrages du captage de Ben-Ahin (VIVAQUA) dans l'aquifère alluvial de la Meuse	43
Figure IV.8: Localisation des entités de l'aquifère des calcaires du Carbonifère de la carte Andenne-Couthuin	44
Figure IV.9: Typologie des rivières de la carte d'Andenne-Couthuin (d'après Brouyère <i>et al.</i> , 2009)..	47
Figure IV.10: Localisation de quelques anciennes galeries de mines ou de carrières (exploitation ou accès)	48
Figure IV.11: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère du Synclinal de Couthuin. Forages Pz2-Moha et Couthuin-Jottée.....	50
Figure IV.12: Evolution piézométrique de la nappe des calcaires du Carbonifère au niveau des ouvrages de Rouire, Bois et IMP ancien puits	52

Figure IV.13: Localisation des piézomètres 'Carmeuse' des sites 'Campagne de Seilles' & 'Bois de Siroux' et des forages 'SWDE' du site Tramaka (Andenne).....	53
Figure IV.14: Evolution piézométrique de la nappe des calcaires du Carbonifère au niveau des ouvrages de Tramaka.....	53
Figure IV.15: Evolution piézométrique de la nappe des calcaires du Carbonifère au niveau du site 'Campagne de Seilles' (source: Carmeuse sa)	55
Figure IV.16: Evolution piézométrique de la nappe des calcaires du Carbonifère au niveau du site 'Bois de Siroux' (source: Carmeuse sa)	56
Figure IV.17: Anticlinal de Bonneville – Captages 'Fontaine de l'Ours' & 'Fontaine Ste-Begge'	60
Figure IV.18: Evolution piézométrique de la nappe des calcaires du Carbonifère au droit du forage PR1-Fontaine de l'Ours – Anticlinal de Bonneville.....	60
Figure IV.19: Localisation des phénomènes karstiques situés sur la carte d'Andenne-Couthuin	61
Figure IV.20: Site de Marchempré : étude des phénomènes karstiques	62
Figure IV.21: Phénomènes karstiques au sud d'Andenne et alimentation supposée de la source de la Fontaine de l'Ours	63
Figure IV.22: Pertes des ruisseaux de la Solière et du Bois Mélar à Ben-Ahin	64
Figure IV.23: Cotes piézométriques des ouvrages situés dans la localité de Bonneville	65
Figure V.1: Masses d'eau souterraine de la carte Andenne-Couthuin.....	70
Figure V.2 : Zones vulnérables aux nitrates en Région wallonne	76
Figure V.3: Evolution de la teneur en nitrates de l'aquifère alluvial de la Meuse.....	77
Figure V.4: Evolution de la teneur en nitrates de l'aquifère des calcaires du Carbonifère	78
Figure V.5: Evolution de la teneur en nitrates de l'aquifère des sables de remplissage (Oligocène) ...	79
Figure V.6: Pesticides en Région wallonne (ICEW, 2012; carte 19 modifiée).....	81
Figure V.7: Site "Carrières et fours de Sclaigheaux" – Walsols Nr 0108-001.....	83
Figure V.8: Site "Brenner" – Walsols Nr0108-002.....	85
Figure V.9: Décharge d'Anton - Walsols Nr0107-001	87
Figure VI.1: Volumes d'eau prélevés au puits Seilles P7.....	89
Figure VI.2: Volumes d'eau prélevés au captage de Cité Tonglet.....	90
Figure VI.3: Volumes d'eau prélevés au captage de Bas-Oha	90
Figure VI.4: Volumes d'eau prélevés au captage de Ben-Ahin pavillon V	91
Figure VI.5: Volumes d'eau prélevés au captage du Puits Dumont P1	92
Figure VI.6: Volumes d'eau prélevés aux captages de Fontaine Ste Begge et Fond des Vaux	93
Figure VI.7: Volumes d'eau prélevés à l'exhaure de la Carrière de Seilles	93
Figure VI.8 : Volumes d'eau prélevés au captage de Gemine.....	94
Figure VII.1: Localisation des ouvrages ayant fait l'objet d'un essai de pompage et/ou de traçage sur la carte Andenne-Couthuin.....	99
Figure VIII.1: Zones de prévention de la carte d'Andenne-Couthuin	Erreur ! Signet non défini.6

Liste des tableaux

Tableau II.1: Répartition détaillée de l'occupation du sol – Territoires agricoles.....	10
Tableau III.1: Caractéristiques des différents gisements plombo-zincifères de la région d'Andenne – Couthuin (d'après Dejonghe, 2009)	26
Tableau IV.1: Correspondance Géologie-Hydrogéologie. Tableau des unités hydrogéologiques	36
Tableau IV.2: Récapitulatif des données piézométriques et informations géologiques – Campagne de Seilles & Bois de Siroux à Andenne (source: Carmeuse).....	57
Tableau V.1: Sites WALSOLS repris sur la carte Andenne-Couthuin	69
Tableau V.2: Caractéristiques hydrochimiques de la nappe alluviale de la Meuse	73
Tableau V.3: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Carbonifère	74
Tableau V.4: Caractéristiques hydrochimiques de quelques autres sites de la carte d'Andenne-Couthuin	75
Tableau V.5: Qualité bactériologique des eaux souterraines des captages de distribution publique de l'eau – Andenne-Couthuin	80
Tableau V.6: Teneurs en pesticides des eaux souterraines – Andenne-Couthuin	82
Tableau V.7: Quelques résultats de l'échantillonnage de mai 2002 sur les piézomètres du site 'Carrières et fours de Sclaigheaux' (SGS, 2003; SPAQuE, 2007)	84
Tableau V.8: Quelques résultats de l'échantillonnage de juin 2004 sur les piézomètres du site "Brenner" (Ecorem, 2004)	86
Tableau V.9: Teneurs en métaux lourds et hydrocarbures pour le site de la station d'épuration d'Andenne (SPAQuE, 2005)	86
Tableau VII.1: Vitesse modales et moyennes des traçages réalisés à partir des chantoirs de Chaudin et de Bonneville vers la résurgence de Marchempré.....	98
Tableau VII.2: Caractéristiques des courbes de restitution du multi-traçage sur le site de captage SWDE 'P1-Dumont' à Andenne.....	98

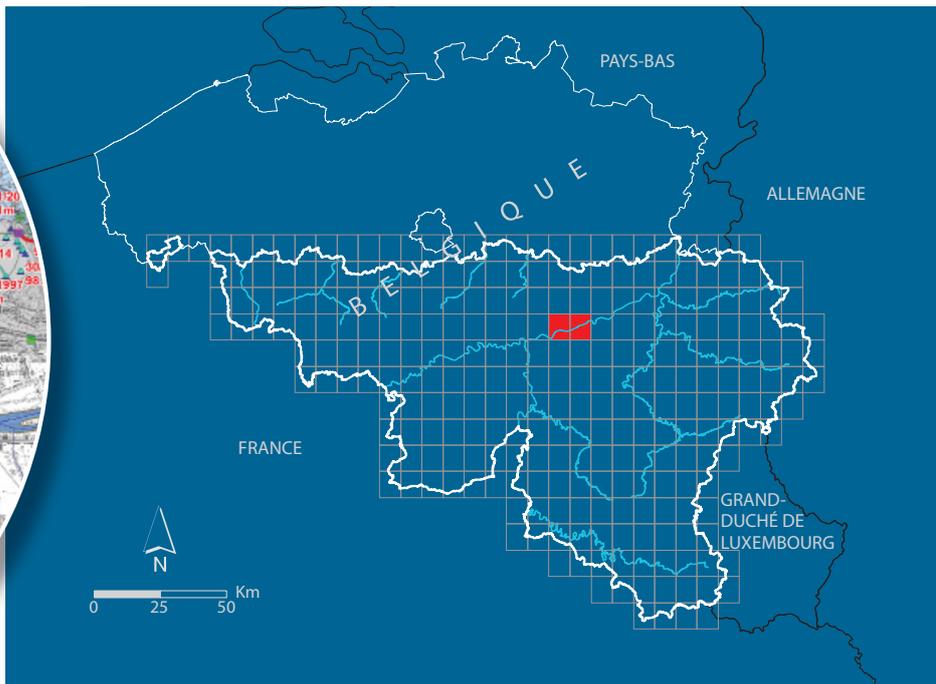
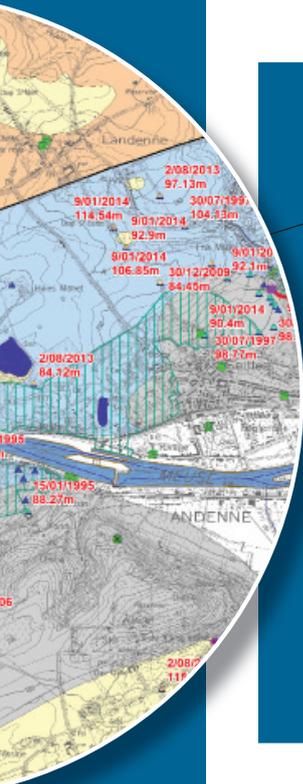
ANNEXE 3 : CARTE DE LOCALISATION

ANNEXE 4 : COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE

Nom	Identifiant RW	Code RW	X (m)	Y(m)	Type	Prof. (m)	Z sol (m)	Exploitant
Exhaure Campagne de Seilles	7159	48/1/6/014	200350	132610	Exhaure	-	120	Carmeuse s.a.
Carrière de Moha	32253	48/2/2/010	206635	137960	Exhaure	-	120	
Puits rondia	4888	48/2/3/001	209132	135693	Puits	8	75	Biowanze
IMP ancien puits	2709	48/1/8/003	198550	131045	Puits	120	169,35	Centre orthopédagogique Saint-Lambert
Bois	-	-	197023	130150	Piézomètre	100	164,38	Dolomies de Marches-Les-Dames
Rouire	-	-	196410	129991	Piézomètre	107	169,35	
Puits Dumont P1	3209	48/1/5/001	198317	132183	Galerie	34,5	79,45	SWDE
Puits Dumont PR4	41538	48/1/5/014	199007	132973	Piézomètre	140	182,79	
Puits Dumont PR3	41540	48/1/5/016	198488	132561	Piézomètre	138	177,6	
Puits Dumont PR2	-	-	198139	132422	Piézomètre	131	170,15	
Puits Dumont PR1	-	-	198201	132176	Piézomètre	40	79,74	
Exhaure Galerie Java	40475	48/2/5/031	205225	133535	Galerie	-	73	
Tramaka G1	973	48/1/6/002	200857	132940	Galerie	20	115,24	
Tramaka Pz1	41532	48/1/5/066	200060	133625	Piézomètre	90	165,9	
Tramaka PR2	41534	48/1/6/057	200833	133118	Piézomètre	50	109,49	
Tramaka PR4	41536	48/1/6/059	201056	133377	Piézomètre	50	122,41	
Cité Tonglet P1	932	48/1/7/004	196370	130865	Puits	8,68	77,42	
Cité Tonglet Pz2	-	-	196202,2	130540,4	Piézomètre	10	78,317	
Fond des Vaux P2	6741	48/1/8/001	196970	131140	Puits	14,83	87,37	
Fontaine de l'Ours PR1	34237	48/1/9/073	200074	130009	Piézomètre	93,36	178,24	
Fontaine de l'Ours	6662	48/1/9/003	201419	130692	Source	-	85,3	
Fontaine Ste Begge	6973	48/1/9/007	202015	130940	Source	-	20,26	
Seilles P7	4507	48/2/4/012	204079	132959	Puits	14,5	77,2	
Seilles Pz1	-	-	204174	133001	Piézomètre	11	76,04	
Seilles Pz2	-	-	204092	132913	Piézomètre	10	75,75	
Seilles Pz3	-	-	204088	133013	Piézomètre	10	75,73	
Seilles Pz4	-	-	204011	132946	Piézomètre	10	75,29	
Seilles Pz5	-	-	203919	133065	Piézomètre	11	75,81	
Seilles Pz6	-	-	204009	133112	Piézomètre	11	75,35	
Bas-Oha P4	6499	48/2/6/004	208188	134654	Puits	14,4	73,4	
Bas-Oha P5	16	48/2/6/001	208298	134761	Puits	14,5	73,3	
Bas-Oha PZ1	-	-	208182	134588	Piézomètre	10,5	72,43	
Bas-Oha PZ2	318	48/2/6/005	208132	134639	Piézomètre	10,5	72,33	
Bas-Oha PZ3	4345	48/2/6/003	208103	134708	Piézomètre	8,5	72,61	
Bas-Oha PZ4	-	-	208295	134791	Piézomètre	10,1	72,72	
Bas-Oha PZ5	-	-	208232	134384	Piézomètre	10,4	72,48	
Bas-Oha PZ6	-	-	208229	134601	Piézomètre	10,2	72,26	

Bas-Oha PR1	2475	48/2/6/006	208188	134659	Piézomètre	11,2	72,675	
Bas-Oha PR2	4660	48/2/6/007	208263	134781	Piézomètre	10,1	72,47	
Bas-Oha PR3	6799	48/2/6/008	208291	134759	Piézomètre	10,2	72,77	
Captage de Gemine	8130	48/1/2/001	197600	134905	Galerie	/	187,4	
Ben-Ahin pavillon V	414	48/2/5/003	207768	134144	Puits	12,5	-	
Ben-Ahin P1B/PP1	2564	48/2/5/004	206919	133747	Puits	11,4	75,13	
Ben-Ahin P1/PP1	6280	48/2/5/011	206886	133829	Puits	10,1	74,24	
Ben-Ahin P1A/PP1	2252	48/2/5/013	206967	133788	Puits	11	74,93	
Ben-Ahin P2/PP1	4763	48/2/5/018	206842	133784	Puits	11,3	74,94	
Ben-Ahin P2A/PP1	6888	48/2/5/006	206741	133723	Puits	12	75,26	
Ben-Ahin PP1	6285	48/2/5/024	206830	133789	Puits	12,3	70,40	
Ben-Ahin P3/PP2	6589	48/2/5/015	206767	133813	Puits	10,2	74,47	
Ben-Ahin P3A/PP2	6897	48/2/5/019	206663	133754	Puits	10,4	74,92	
Ben-Ahin P4/PP2	4124	48/2/5/023	206544	133736	Puits	11,1	74,65	
Ben-Ahin P7/PP2	1962	48/2/5/022	206615	133691	Puits	12,1	74,81	
Ben-Ahin PP2	110	48/2/5/025	206637	133709	Puits	10,7	70,34	
Ben-Ahin P5/PP3	707	48/2/5/007	206444	133694	Puits	11,2	74,76	
Ben-Ahin P5A/PP3	426	48/2/5/016	206382	133622	Puits	12,2	74,80	
Ben-Ahin P6/PP3	4757	48/2/5/005	206172	133619	Puits	11,9	74,91	
Ben-Ahin P6A/PP3	8132	48/2/5/021	206347	133681	Puits	11	74,98	
Ben-Ahin P8/PP3	5979	48/2/5/020	206270	133573	Puits	11	74,92	
Ben-Ahin PP3	2264	48/2/5/026	206350	133614	Puits	9	70,65	
Ben-Ahin T1	-	-	205255	133235	Piézomètre	8,48	-	
Ben-Ahin T8	-	-	206556	133796	Piézomètre	8,8	-	
Ben-Ahin PT30	-	-	270760	134150	Piézomètre	-	-	
Ben-Ahin PT34	-	-	207790	134110	Piézomètre	-	-	
Ben-Ahin PC1	-	-	206890	133840	Piézomètre	-	-	
Ben-Ahin PC2	-	-	206850	133770	Piézomètre	-	-	
Ben-Ahin PC3A	-	-	206660	133755	Piézomètre	-	-	
Ben-Ahin PC6A	-	-	206350	133685	Piézomètre	-	-	
Ben-Ahin PT_car	-	-	207620	133755	Piézomètre	-	-	
Couthuin-Jottée	34196	48/2/1/005	204374	136612	Piézomètre	80,9	161,33	SPW-DESO
Pz2 Moha	41453	48/2/2/013	206363	137497	Piézomètre	-	146,74	Carneuse Moha
Pégard Productis	2648	48/1/9/005	201477	131357	Puits	13	77	Pégard Productis
Surlemont P1	37111	48/2/8/005	206880	130131	Puits	62	252,48	Surlemont

VIVAQUA



SPW | Éditions, CARTES

Dépôt légal : D/2014/12.796/5 – ISBN : 978-2-8056-0151-4

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

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



Service public
de Wallonie

DIRECTION GÉNÉRALE OPÉRATIONNELLE
DE L'AGRICULTURE, DES RESSOURCES NATURELLES ET DE L'ENVIRONNEMENT

