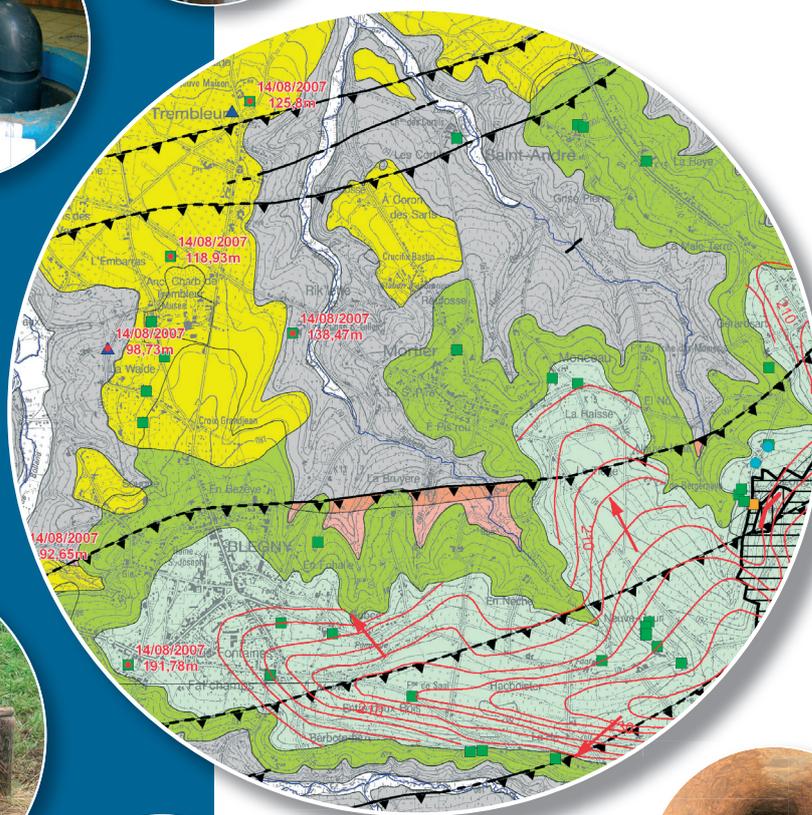


Notice explicative

CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE WALLONIE

Echelle : 1/25 000



Photos couverture © SPW-DGARNE(DGO3)

Fontaine de l'ours à Andenne

Forage exploité

Argilière 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 Dalhem - Herve



DALHEM - HERVE

42/3-4

Ingrid **RUTHY**, Alain **DASSARGUES**

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



NOTICE EXPLICATIVE

2008

Première édition : Mai 2003
Actualisation partielle : Janvier 2008

Dépôt légal –**D/2008/12.796/1** - ISBN : **978-2-8056-0058-6**

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

<u>I. INTRODUCTION</u>	4
<u>II. CADRE GEOGRAPHIQUE, HYDROGRAPHIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE</u>	5
<u>III. CADRE GEOLOGIQUE</u>	7
III.1 CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL	7
III.2 CADRE GEOLOGIQUE DE LA CARTE	8
III.2.1 CADRE LITHO-STRATIGRAPHIQUE	8
III.2.1.1 Formations du Paléozoïque	8
III.2.1.2 Formations du Mésozoïque	10
III.2.1.3 Formations du Cénozoïque	11
III.2.2 CADRE STRUCTURAL	12
<u>IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE</u>	13
IV.1 DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES	13
IV.1.1 UNITES HYDROGEOLOGIQUES DU PALEOZOÏQUE.....	13
IV.1.1.1 Aquifères des calcaires du Dévonien et du Carbonifère	13
IV.1.1.2 Aquitard du Famennien.....	14
IV.1.1.3 Aquifère des grès du Famennien.....	14
IV.1.1.4 Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller.....	14
IV.1.2 UNITES HYDROGEOLOGIQUES DU MESOZOÏQUE.....	15
IV.1.2.1 Aquifère des sables du Santonien	15
IV.1.2.2 Aquitard-Aquifère de Vaals	15
IV.1.2.3 Aquifère des craies du Crétacé.....	15
IV.1.3 UNITES HYDROGEOLOGIQUES DU CENOZOÏQUE	16
IV.1.3.1 Aquifère des sables de remplissage	16
IV.1.3.2 Aquifère des terrasses fluviales	16
IV.1.3.3 Aquitard des limons	16
IV.1.3.4 Aquifère alluvial	16
IV.2 DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE DE LA CARTE	18
IV.2.1 AQUIFERES DU CRETACE	18
IV.2.2 AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE.....	21
IV.2.3 AQUICLUDE A NIVEAUX AQUIFERES DU HOULLER	23
<u>V. CADRE HYDROCHIMIQUE</u>	27
V.1 CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX	27
V.1.1 AQUIFERES DU CRETACE.....	27
V.1.2 AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE	28
V.2 PROBLEMATIQUE DES NITRATES	29
V.2.1 AQUIFERES DU CRETACE.....	29
V.2.2 AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE	30
V.3 QUALITE BACTERIOLOGIQUE	31
V.4 PESTICIDES	31
<u>VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES</u>	32
VI.1 AQUIFERES DU CRETACE	32
VI.2 AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE	32
VI.3 AQUICLUDE A NIVEAUX AQUIFERES DU HOULLER	32

<u>VII.</u>	<u>PARAMETRES D'ECOULEMENT ET DE TRANSPORT</u>	<u>33</u>
VII.1	AQUIFERES DU CRETACE	33
VII.1.1	AQUIFERE DES CRAIES DU CRETACE	33
VII.1.2	AQUITARD-AQUIFERE DE VAALS	33
VII.1.3	AQUIFERE DES SABLES DU SANTONIEN	33
VII.2	AQUICLUDE A NIVEAUX AQUIFERES DU HOULLER.....	33
VII.3	AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE	33
<u>VIII.</u>	<u>ZONES DE PREVENTION</u>	<u>35</u>
VIII.1	CADRE LEGAL.....	35
VIII.2	ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES DE LA SWDE.....	37
VIII.3	ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES DE LA CIDRERIE RUWET.....	37
<u>IX.</u>	<u>PRESENTATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE.....</u>	<u>39</u>
IX.1	CARTE HYDROGEOLOGIQUE	39
IX.2	CARTES THEMATIQUES	40
IX.2.1	VOLUMES PRELEVES	40
IX.2.2	CARACTERISATION DU TYPE DES NAPPES ET INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES ..	40
IX.2.3	CARTE DES ISOHYPSES DE L'AQUIFERE LOGE DANS LES FORMATIONS DU CRETACE	41
IX.3	COUPES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE.....	41
IX.4	TABLEAU LITHOSTRATIGRAPHIQUE	42
<u>X.</u>	<u>METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE</u>	<u>43</u>
X.1	ORIGINE DES INFORMATIONS.....	43
X.1.1	DONNEES GEOLOGIQUES	43
X.1.2	DONNEES METEOROLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES.....	43
X.1.3	DONNEES HYDROGEOLOGIQUES.....	43
X.1.3.1	Localisation des ouvrages	43
X.1.3.2	Données piézométriques	44
X.1.4	DONNEES HYDROCHIMIQUES	44
X.2	BASE DE DONNEES HYDROGEOLOGIQUES	44
<u>XI.</u>	<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	<u>45</u>

Annexe 1 : Liste des abréviations

Annexe 2 : Carte de localisation

Annexe 3: Coordonnées géographiques des ouvrages cités dans la notice

Avant - propos

La carte hydrogéologique 42/3-4 Dalhem-Herve a été commandée par le Ministère de la Région wallonne. 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 Ingrid Ruthy. La première édition de cette carte date de mai 2003. Une actualisation partielle a été réalisée en janvier 2008. Cette actualisation prend uniquement en compte les données disponibles dans la base de données "BD-Hydro" (outil de travail commun aux équipes universitaires et à l'administration wallonne (DGRNE, Obs. Eaux Souterraines). 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. Par manque de temps, une collecte exhaustive n'a pas été menée.

Les auteurs de la carte hydrogéologique remercient vivement Marie Dachy (ingénieur géologue), Laurent Barchy et Jean-Marc Marion (géologues attachés à la carte géologique de Wallonie à l'ULg), Marc Closset (géologue attaché au Service Gestion des Ressources en Eau, SWDE) et Mohamed Bouezmarni (géologue attaché à la carte hydrogéologique de Wallonie à l'ULg-Arlon) pour leur relecture attentive et constructive de la carte et sa notice. Nous remercions aussi Claude Dingelstadt (ISSeP) pour sa relecture de la partie consacrée aux terrains du Houiller.

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

La carte hydrogéologique est basée sur un maximum de données géologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques disponibles auprès de divers organismes. Elle a pour objectif d'informer 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.

Par un choix délibéré, toute superposition outrancière d'informations conduisant à réduire la lisibilité de la carte a été évitée. Dans ce but, outre la carte principale, deux cartes thématiques, une coupe géologique et une coupe hydrogéologique, et un tableau litho-stratigraphique sont présentés.

Les données utilisées pour la réalisation de la carte ont été encodées dans une base de données sous format «Access - Microsoft» (Personal GeoDataBase) qui a été remise au Service des Eaux Souterraines de la Région wallonne.

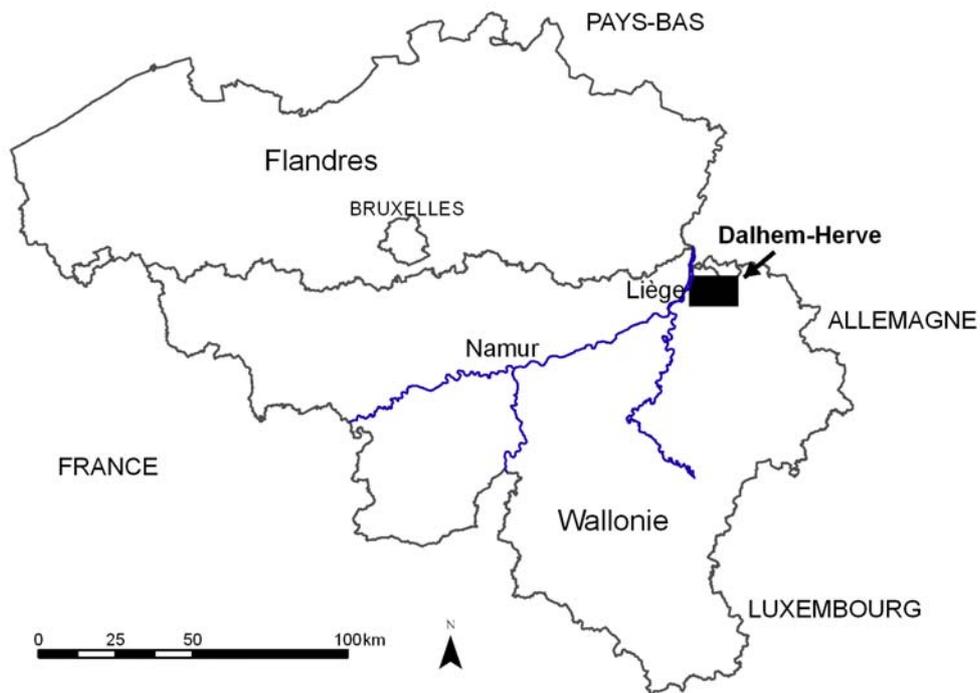
I.INTRODUCTION

La carte de Dalhem-Herve se situe à l'est de la ville de Liège (figure I.1). Les activités principales de la région sont l'agriculture et l'élevage. Cependant, les activités industrielles et tertiaires se développent de plus en plus.

Les ressources en eau du Pays de Herve sont très importantes. Elles sont estimées à 18 millions de m³ pour l'ensemble des bassins de la Berwinne et de la Gulpe (affluent de la Gueule), tous aquifères confondus. Les craies (Formation de Gulpen) constituent le réservoir le plus important avec une capacité estimée à 8 millions de m³. Les formations sableuses (Formation de Aachen) présentent aussi des potentialités aquifères non négligeables, environ 4,8 millions de m³ (Huygens, 1986). Il existe d'autres nappes, moins importantes sur le territoire de cette carte: l'aquifère alluvial de la Meuse et de ses terrasses, les aquifères calcaires et gréseux (locaux) du socle paléozoïque.

Ces différentes nappes sont exploitées par de nombreux agriculteurs, éleveurs, particuliers et industries. Quelques captages sont exploités par la Société Wallonne de Distribution d'Eau.

Figure I.1 : Plan de situation



II. CADRE GEOGRAPHIQUE, HYDROGRAPHIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

Trois régions géomorphologiques se distinguent sur la planche de Dalhem-Herve. D'ouest en est, on découvre :

- la plaine alluviale de la Meuse ;
- les terrasses de Dalhem ;
- la dépression d'Aubel, appartenant au Pays de Herve.

La plaine alluviale de la Meuse occupe une petite surface dans le coin nord-ouest de la carte. Son altitude est de l'ordre de 55 m.

Les terrasses sont principalement d'origine mosane et accessoirement formées par les ruisseaux de la Berwinne et du Bolland. L'altitude moyenne de ces dépôts alluvionnaires anciens est de l'ordre de 145 m, avec de hautes terrasses culminant à une cote de 200 m.

Le Pays de Herve fait partie de la région de l'Entre-Vesdre-et-Meuse, plateau de transition entre la Hesbaye et l'Ardenne. Il présente un paysage typique de bocages fortement vallonné (altitude entre 200 et 300 m). Le relief de la carte Dalhem-Herve est marqué par la cuvette d'Aubel dans laquelle s'est développé le réseau hydrographique de la Berwinne. Le relief du Pays de Herve est très vallonné. De nombreux ruisseaux entaillent le massif crayeux.

Le réseau hydrographique est bien développé. Le territoire de la carte Dalhem-Herve est partagé en cinq bassins-versants principaux (figure II.1) :

- le bassin de la Meuse. Il occupe environ 14% de la superficie de la carte. Ses affluents directs sont le ruisseau de La Julienne (confluence à Argenteau) et la Berwinne qui rejoint le fleuve en aval de la carte, au Nord de Visé;
- le bassin de la Berwinne, d'une superficie d'environ 116 km², soit $\approx 74\%$ de la carte. Cette rivière compte beaucoup d'affluents, d'importance diverse. En rive gauche, ils présentent une forte pente ; en rive droite, ils sont plus nombreux, plus longs et plus ramifiés, avec une direction générale sud-est/nord-ouest;
- au Nord, les bassins de la Voer et de la Gueule (dont l'affluent principal est la Gulpe) couvrent respectivement $\approx 4,5\%$ et $\approx 1,5\%$ de la superficie de la planche;
- au Sud, le bassin de la Vesdre, séparé du bassin mosan par la ligne de crête passant par Herve, Battice et Thimister-Clermont à l'altitude maximum de 345 m.

Figure II.1 : Bassins hydrographiques – Dalhem-Herve

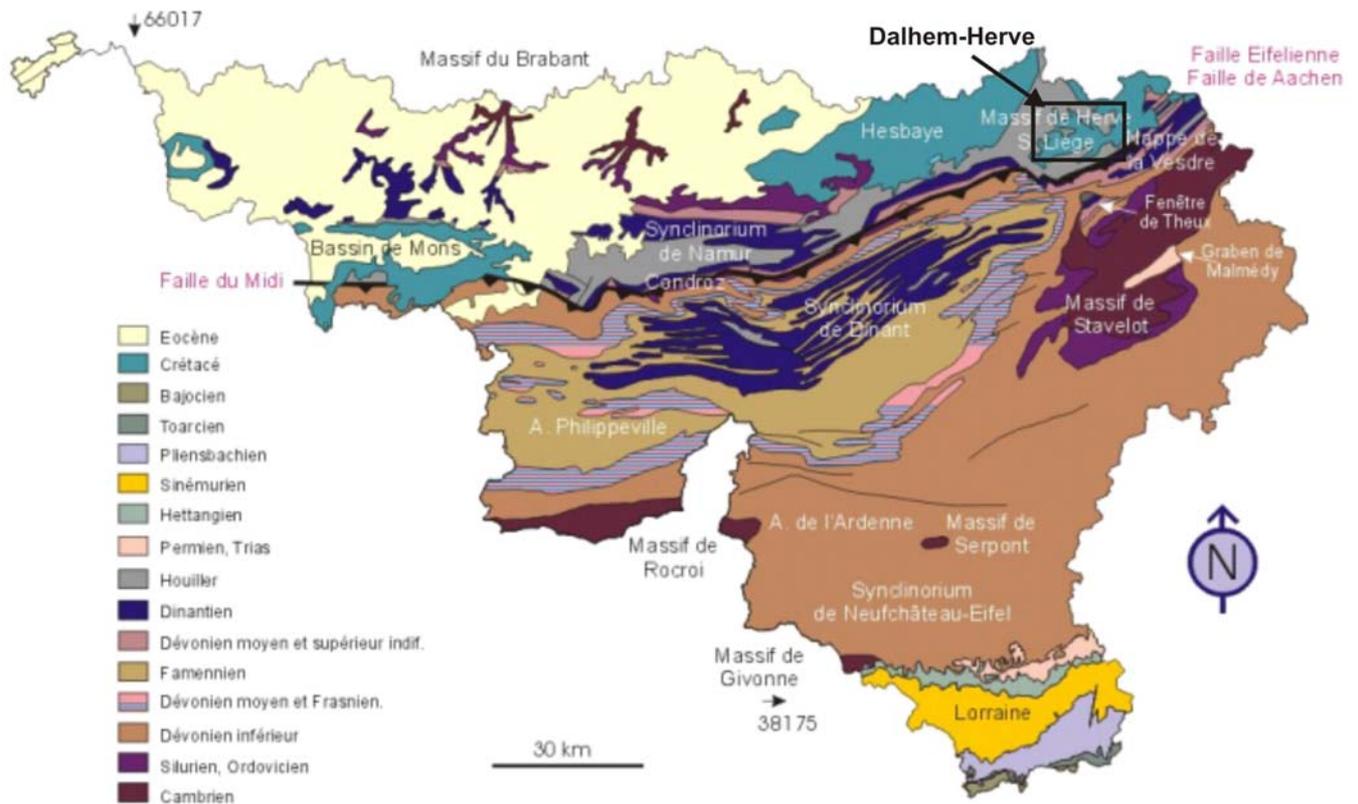


III. CADRE GEOLOGIQUE

III.1 Cadre géologique régional

La carte de Dalhem-Herve est située dans la partie orientale du parautochtone¹ brabançon qui comprend le Massif du Brabant, le Synclinorium de Namur, le Synclinal de Liège et le Massif de Herve (figure III.1). Le Massif de Herve, ici partiellement caché sous la couverture mésozoïque, est séparé du Synclinal de Liège par les anticlinaux faillés de Cointe et de la Chartreuse. Au sud, il est séparé de la Nappe de la Vesdre (allochtone ardennais) par la faille eifélienne. Le bassin de Herve peut être assimilé au flanc nord d'un grand pli synclinal structuré en une série d'écaillés imbriquées. Après la phase terminale de l'orogénèse varisque, la Belgique connaît une longue période (environ 40 millions d'années) de lacune de sédimentation accompagnée d'une érosion. L'importante transgression du Crétacé dépose, dans le Pays de Herve, tout d'abord des sédiments sableux d'âge santonien. Au Campanien, la mer continue sa transgression et dépose une marne ou argile silteuse riche en glauconie. Au dessus de ce dépôt, on trouve les niveaux crayeux du Campanien-Maastrichtien. Le Crétacé se termine par une importante régression et émergence au cours de laquelle les craies ont, en partie, été érodées. Cette phase érosive a laissé un conglomérat à silex résiduels (Boulvain & Pingot, 2007).

Figure III.1: Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2007; modifié)



¹ Parautochtone: formation structurale faiblement transportée par rapport à l'autochtone et fortement tectonisée mais sans que l'on puisse affirmer qu'il y a désolidarisation du substratum original.

III.2 Cadre géologique de la carte

III.2.1 Cadre litho-stratigraphique

Les formations géologiques rencontrées au droit de la carte de Dalhem-Herve sont constituées de roches datant du Dévonien au Crétacé. Le socle paléozoïque affleure au droit des principales vallées, tandis que les formations du Crétacé se rencontrent sur les replats et interfluves. Ces formations sont affectées de nombreuses failles. On observe de grandes failles longitudinales affectant le socle et des failles transversales, plus récentes, qui affectent le socle et les dépôts du Crétacé (elles sont liées au Graben du Rhin). Ces terrains sont surmontés localement par des sables cénozoïques, par des alluvions quaternaires et de façon générale par des limons quaternaires.

La description lithologique des formations fait référence à la nouvelle carte géologique de Dalhem-Herve au 1/25.000, dressée par L. Barchy et J-M. Marion et éditée en 2000². Cette carte géologique sert de fond à la carte hydrogéologique ; elle a été fournie sous format digital par la Région Wallonne.

III.2.1.1 Formations du Paléozoïque

III.2.1.1.1 *Dévonien*

Les roches du Dévonien affleurent peu sur la carte de Dalhem-Herve. On peut les observer dans la vallée de la Meuse (région de Visé) et au sud de la faille d'Asse (région de Julémont).

III.2.1.1.1.a *Frasnien (Dévonien supérieur)*

Au droit de la planche étudiée, le Frasnien n'est représenté que par la **Formation de Lustin (LUS)**. Cette formation est composée de calcaires gris d'aspect massif, parfois dolomitisés ou/et bréchifiés. Ces calcaires sont karstifiés et les cavités sont localement comblées par des sédiments du Dinantien.

Cette formation affleure dans la vallée de la Meuse, à hauteur de Richelle (nord-ouest de la carte). Son épaisseur, d'après sondage, est d'environ 80 mètres.

III.2.1.1.1.b *Famennien (Dévonien supérieur)*

Le Famennien est représenté par la Formation de Hodimont et le regroupement de Monfort-Evieux. Ces formations affleurent à l'est de Barchon et dans la région de Julémont.

La **Formation de Hodimont (HOD)** est constituée de shales micacés, gris-verdâtres avec localement des nodules calcaires et des niveaux hématitiques en bancs lenticulaires. Son épaisseur est estimée entre 50 et 110 m.

Le **regroupement de Monfort-Evieux (ME)** est formé de grès et de quartzites arkosiques micacés alternant avec des siltites micacés. Son épaisseur est de l'ordre de 100 à 150 m.

III.2.1.1.2 *Carbonifère*

Le Carbonifère débute par une sédimentation carbonatée datée du Viséen suivi par les formations argileuses du Namurien et Westphalien. Le Tournaisien est en lacune sur la carte Dalhem-Herve.

² La carte géologique Dalhem-Herve 42/3-4 est disponible à l'adresse Internet suivante: <http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartegeologique/>

III.2.1.1.2.a Viséen

Le Viséen de la vallée de la Meuse et de la Berwinne est représenté par deux formations appartenant au bassin de Campine (Frm de Visé – Frm de Souvré) et une formation appartenant au bassin de Dinant (Frm de Lives).

La **Formation de Visé (VIS)** se compose d'une série de calcaires présentant différents lithotypes : brèches sédimentaires; calcaires séquentiels, bioclastiques, laminaires dans la partie supérieure ; calcaires massifs bioclastiques ; calcaires construits (biohermes). L'épaisseur de cette formation est estimée à environ 100 m.

La **Formation de Lives (LIV)** appartient à l'étage Livien (Viséen Moyen). Elle est caractérisée par des calcaires gris avec de nombreux joints argileux ainsi que des nodules de cherts dans la partie supérieure. En sondage, une épaisseur de 34 m a été reconnue, mais cette formation peut atteindre 80 mètres.

La dernière formation viséenne, montant dans la base du Namurien, rencontrée sur cette carte est la **Formation de Souvré (SOU)** constituée de shales siliceux et de calcaires silicifiés (phtanites). Sa puissance est comprise entre quelques mètres et 20 mètres.

III.2.1.1.2.b Namurien-Westphalien

Le **Groupe du Houiller (HOU)** affleure dans les vallées de la Berwinne (cuvette d'Aubel), du Bolland et de la Julienne (érosion). Il est composé d'une succession de shales et de siltites avec des intercalations de bancs de grès ou de quartzites. Localement, on observe des concrétions lenticulaires de carbonate de fer. De nombreuses couches de houille ont été jadis l'objet d'exploitations minières. L'épaisseur totale de Houiller est de l'ordre de 950 mètres.

Au sommet du Houiller, se trouve généralement une couche d'épaisseur variable (10 à 20 m), formée d'argile noire à grise, produit de l'altération pré-santonienne du Houiller (essentiellement pélitique).

III.2.1.2 Formations du Mésozoïque

III.2.1.2.1 Crétacé

Les dépôts du Crétacé crétaciques couvrent une grande partie de la carte Dalhem-Herve. Ces formations subhorizontales (pendage NNW de 2° à 4°), reposent directement sur le socle paléozoïque (Groupe du Houiller) ; les dépôts du Permien, du Trias et du Jurassique ont été érodés ou non déposés (important hiatus stratigraphique). Ces dépôts mésozoïques présentent de rapides et fréquentes variations latérales de faciès et d'épaisseur. Ils sont généralement localisés sur les interfluves et absents des versants et des vallées (érosion). Dans la zone étudiée, l'ensemble des formations du Crétacé est d'âge sénonien.

III.2.1.2.1.a Santonien (Sénonien)

Cet étage est représenté par la **Formation d'Aachen (AAC)**, constituée de sables jaunes et blancs à niveaux argileux. De nombreuses et très rapides variations latérales de faciès affectent la formation. Elle se biseaute vers l'ouest, la limite occidentale des sables d'Aachen est située aux environs de la longitude de Chaineux. Son épaisseur est comprise entre 5 et 15 m, vers l'est elle peut atteindre 20 à 30 m.

III.2.1.2.1.b Campanien (Sénonien)

La **Formation de Vaals (VAA)**, de composition très hétérogène, est encore parfois nommée « Smectite de Herve ». Cet horizon smectitique est relayé latéralement par un mélange d'argillites carbonatées et de craies argileuses. D'ouest en est, le faciès de la Formation de Vaals devient plus sableux ; d'une argile carbonatée à Visé, on passe à des sables grossiers à Vaals (hors carte). Localement, on observe la présence de niveaux graveleux, d'argile glauconifère décalcifiée ou de sable vert. Au sommet, se trouve généralement une siltite grise sableuse glauconifère. Son épaisseur est variable, de quelques mètres à plus de trente mètres. Elle augmente régulièrement d'ouest vers l'est et du sud vers le nord.

III.2.1.2.1.c Maastrichtien (Sénonien)

Le Maastrichtien, dernier étage du Sénonien, est représenté par la **Formation de Gulpen (GUL)**. La base de cette formation est d'âge campanien. Elle est constituée de craies présentant différents faciès. De bas en haut, on observe la séquence suivante :

- craie très glauconifère
- craie blanche avec des silex noirs, peu altérée
- craie karstifiée induisant un sommet irrégulier

Son épaisseur est variable (fonction du degré d'altération et de karstification), elle est d'environ 40 m.

Cette formation est surmontée par une argile rousse à silex, résidu de dissolution (conglomérat à silex Sx), recouvrant une grande surface de la carte avec une épaisseur de quelques mètres à une dizaine de mètres, elle diminue d'est en ouest. Ces dépôts sont cartographiés avec la Formation de Gulpen.

III.2.1.3 Formations du Cénozoïque

III.2.1.3.1 Paléogène

Sur la planche de Dalhem-Herve, l'Oligocène (série du Paléogène) est représenté par les **dépôts sableux (SBL)** qui sont des sables mêlés de lentilles d'argiles sableuses et de sables quartzeux souvent micacés. Ils sont régulièrement mélangés avec les silex résiduels et les argiles, décrites ci-dessus ou le plus souvent localisés dans des poches de dissolution de la craie sous-jacente.

III.2.1.3.2 Néogène

Les terrasses de la Meuse et accessoirement de la Berwinne et du Bolland sont datées du Chattien (fin du Paléogène) au Pléistocène (début du Quaternaire). Ces **alluvions anciennes (ALA)** sont formées de limons sableux de teinte ocre à galets de taille variable, de sables et d'argiles. Leur épaisseur est variable, allant de moins d'un mètre à 12 m environ.

III.2.1.3.3 Quaternaire

Les **alluvions modernes (AMO)** sont constituées de limons argileux, de silts, de sables et de graviers d'une puissance comprise entre 2 et 15 m. Elles occupent le fond des vallées.

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 fluviaux, des bras remblayés... Ces nombreuses variations de faciès de la couche graveleuse comprise entre le bed-rock primaire peu perméable et les limons fluviaux également peu perméables vont jouer un rôle hydrogéologique non-négligeable.

Les formations quaternaires sont aussi représentées par la couverture loessique. Le **loess**, limon d'origine éolienne, a une épaisseur variable, moins importante sur les pentes raides par rapport aux pentes douces et aux replats. Ces dépôts n'ont pas été cartographiés sur la carte hydrogéologique.

III.2.2 Cadre structural

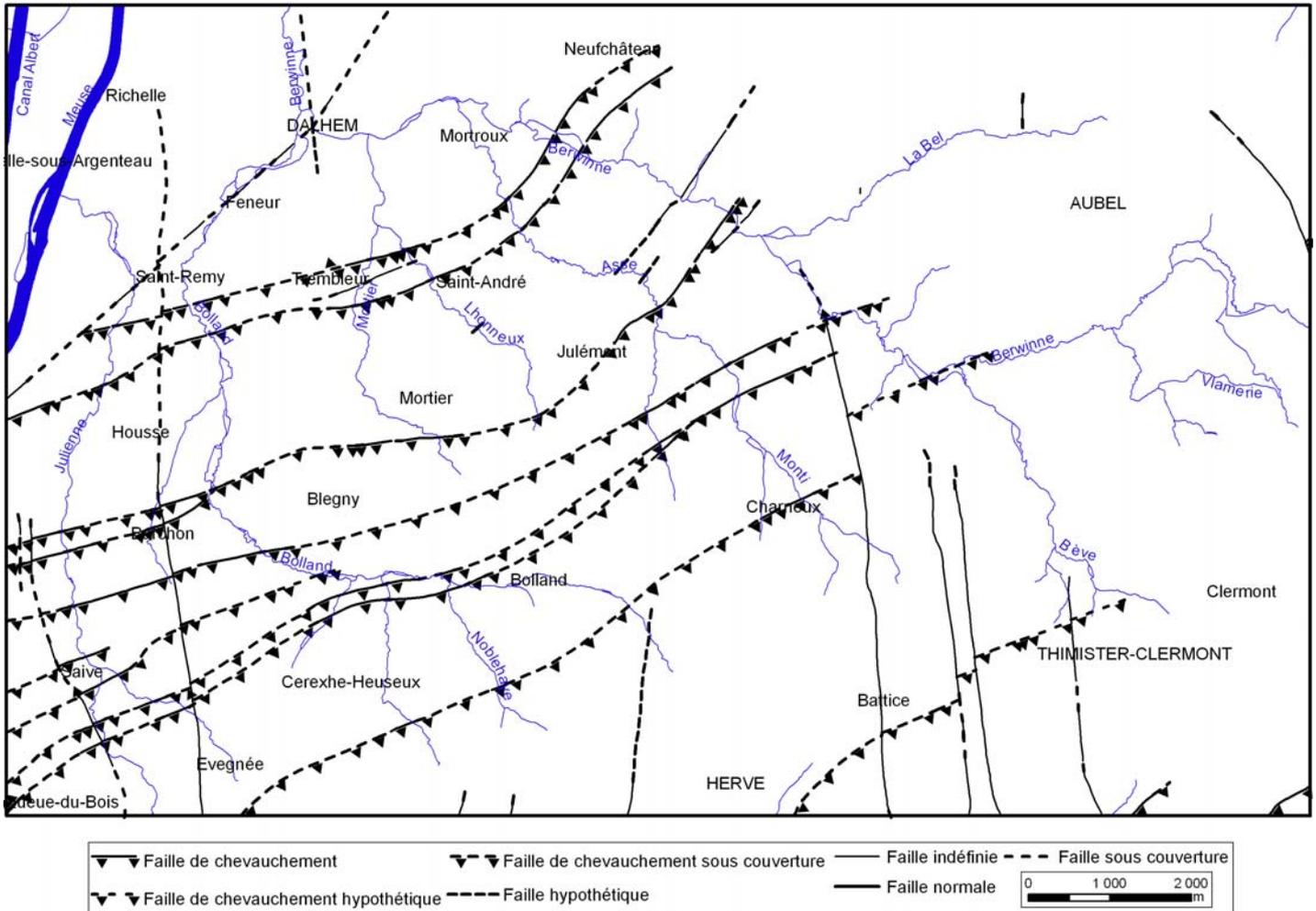
L'histoire tectonique de la région de Dalhem-Herve est relativement complexe. Elle se présente en trois phases majeures.

Tout d'abord, une tectonique synsédimentaire dévono-dinantienne liée à une tectonique de blocs. Poty (1982, 1991, 1997) a mis en évidence, sous les dépôts houillers, une série de compartiments séparés par des failles radiales, qui ont joué les uns par rapport aux autres au cours de la sédimentation.

Ensuite la tectonique varisque où les terrains du Paléozoïque, surtout le groupe Houiller, ont été intensément plissés et faillés. Pour la carte de Dalhem-Herve on remarque deux ensembles synclinaux majeurs à structure complexe : le synclinal de Liège au nord, et le synclinal de Herve au sud. Entre ces deux structures, se trouve le prolongement du double anticlinal de Cointe-la Chartreuse. Les failles résultant du plissement hercynien ont une orientation générale nord-est/sud-ouest (voir figure III.2). Il s'agit pour la plupart de failles longitudinales de chevauchement qui recoupent les structures plissées, ensuite de quelques plats-craîns (failles de chevauchement longitudinales très plates) et de failles transversales obliques, de direction sensiblement longitudinale (une seule faille transversale sur la carte Dalhem-Herve).

Enfin, une phase de tectonique post-varisque (mouvements épirogéniques) est survenue, induisant un réseau de failles transversales d'orientation nord-nord-ouest/sud-sud-est (voir figure III.1). Ces déformations se sont superposées à la tectonique varisque mais ont aussi affecté les terrains du Crétacé. Ces mouvements ont des conséquences au niveau hydrogéologique : l'ouverture de diaclases permettant une communication entre diverses formations et, par le jeu du rejet vertical, la mise en contact de formations qui normalement se superposent.

Figure III.2 : Cadre structural de la carte Dalhem-Herve



IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE

Les formations géologiques sont regroupées en fonction de leurs caractéristiques hydrodynamiques. Trois termes sont utilisés pour décrire les unités hydrogéologiques, selon le caractère plus ou moins perméable des formations (Elsevier, 1990; UNESCO, 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 précautions. Elles sont utilisées ici afin de renseigner, à une échelle régionale, le caractère globalement perméable, semi-perméable ou imperméable d'un ensemble de couches géologiques. Elles donnent une idée du potentiel économique que représentent les différentes unités hydrogéologiques en terme 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 probable 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 unités hydrogéologiques

Les unités hydrogéologiques définies sur la carte Dalhem-Herve sont décrites ci-dessous dans l'ordre stratigraphique. Elles sont reprises de manière synthétique dans le tableau IV.1.

IV.1.1 Unités hydrogéologiques du Paléozoïque

IV.1.1.1 Aquifères des calcaires du Dévonien et du Carbonifère

Dans les **calcaires carbonifères et dévoniens** se loge une nappe de fissures, localement avec un caractère karstique, comme en témoignent les dolines et poches de dissolution généralement comblées par des terrains meubles. Dans la région de Dalhem-Herve, l'aquifère calcaire du Dévonien n'est représenté que par la Formation de Lustin (Frasnien). L'aquifère calcaire du Carbonifère regroupe les Formations carbonatées de Visé et Lives.

Les quelques phénomènes karstiques observés, localisés principalement dans la région de Richelle, sont la trace d'une karstification intense (Atlas du karst wallon, 1996). A l'extrême sud-est de la carte, quelques dolines et une perte sont identifiées, résultantes de la présence des calcaires de la Formation de Lives, sous-jacents aux formations du Houiller. A Thimister-Clermont, une perte active a été mise en évidence, elle s'est formée dans les calcaires surmontés par les terrains du Houiller (Barchy et Marion, 2000).

Au contact des formations schisto-gréseuses du Houiller, des phénomènes karstiques sont observés, dus à la présence d'une paléo-altération anté-houiller. Cette karstification est réactivée par la circulation actuelle des eaux acides provenant du Houiller (altération des pyrites des formations houillères).

Sur la carte Dalhem-Herve, les formations calcaires ont été plus exploitées pour leurs ressources minérales que pour leurs ressources aquifères. De nombreuses carrières ont jadis été exploitées dans la vallée de la Meuse entre Richelle et Visé (nord-ouest de la carte).

IV.1.1.2 Aquitard du Famennien

L'aquitard du Frasnien est représenté par la Formation de Hodimont, essentiellement schisteuse avec localement de nombreux nodules calcaires et des bancs lenticulaires de calcaires gréseux. Ces niveaux carbonatés offrent des potentialités aquifères, cependant elles sont relativement réduites.

IV.1.1.3 Aquifère des grès du Famennien

Le regroupement Monfort-Evieux, formé principalement de grès micacés et de grès quartzitiques, peut contenir un aquifère relativement important. La porosité des grès assure une capacité importante à cette nappe, mais son exploitabilité dépend fortement de la perméabilité influencée essentiellement par la fracturation. Elle est qualifiée de «nappe de fissures» dans les grès fracturés. Dans la frange sous-jacente à la pénéplation post-paléozoïque, l'altération des grès en sable génère une porosité d'interstices conférant à l'aquifère un potentiel accru et un pouvoir de filtration efficace assurant une eau de bonne qualité.

Dans la région de Dalhem-Herve, cet aquifère est peu important (exploitabilité faible par rapport aux autres formations, principalement le Crétacé). L'analyse de niveaux piézométriques de cette nappe montre une réponse aux précipitations plus rapide de la nappe des grès famenniens par rapport à celle des craies (De Tiège, 1981).

IV.1.1.4 Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

Les schistes, grès et quartzites du Houiller sont peu perméables en petit. Leur porosité de matrice varie entre 0,5 et 1,5%. Ils ne contiennent d'eau récupérable que dans les fissures ouvertes des bancs de grès et de quartzites tectonisés et fracturés. Dans les schistes, les fractures sont généralement colmatées par un remplissage argileux.

Localement, ces terrains houillers renferment donc une nappe de fissures localisée dans les horizons plus gréseux. Cette eau présente souvent une minéralisation élevée en fer et en sulfates, ainsi qu'un pH acide, liés à l'altération des sulfures de fer (pyrites) souvent abondants dans ces formations.

Les zones d'anciennes exploitations minières ont vu leur potentiel aquifère augmenter. En effet, les affaissements miniers ont induit une fracturation qui entraîne une diminution des qualités géomécaniques des terrains et une augmentation de la perméabilité (Monjoie & Polo-Chiapolini, 1973). De plus, les nombreuses galeries et puits, jouant le rôle de drains, peuvent constituer des axes d'écoulement préférentiel. Dans la région de Liège, suite à l'arrêt de l'exhaure dans les différentes exploitations minières, des remontées du niveau d'eau comprises entre le mètre et la dizaine de mètres ont été observées.

D'autre part, les anciennes exploitations situées dans les versants ont tout d'abord été réalisées grâce à des galeries creusées au niveau de la plaine alluviale et rabattant la nappe du bed-rock. Elles sont devenues inopérantes quand les exploitations minières se sont prolongées en profondeur, rabattant plus bas la nappe du Houiller sur des centaines de mètres. La remontée de la nappe suite à l'arrêt de l'exhaure minière a rendu à ces anciennes galeries leur rôle de drain.

D'une manière générale, dans l'ensemble du bassin houiller de Liège, la perméabilité du bed-rock est fonction de la densité et de l'ouverture des fissures.

On distingue trois zones (Monjoie & Polo-Chiapolini, 1973) :

1. zones non exploitées en terrains schisteux ou gréseux compacts : la perméabilité est faible ou nulle : 0 à 10 unités Lugeon (0 à $1,5-2 \cdot 10^{-6}$ m/s);
2. zones non exploitées avec un substratum gréseux fracturé : la perméabilité est très variable suivant le taux de fissuration et le type de fissures. Elle peut parfois être supérieure à 200 unités Lugeon ($>3-4 \cdot 10^{-5}$ m/s);

3. zones exploitées (travaux miniers) : la perméabilité varie irrégulièrement en fonction de la lithologie et de l'importance de la fracturation induite par les travaux miniers et peut atteindre des valeurs élevées (30 à 50 UL ou $6 \text{ à } 10 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$), principalement dans les plis et les murs de couches de charbon.

Une couche d'argile d'altération, épaisse de 10 à 20 m, repose sur le sommet des formations du Houiller. Localement, elle peut atteindre plus de 30 m, comme c'est le cas à l'est de Clermont où un sondage de la Région Wallonne décrit la présence de 37 m de terrain d'altération à caractère argileux, surmontant les schistes (LGIH, 1999). Cette couche argileuse forme une barrière très peu perméable, renforçant le rôle de niveau de base pour la nappe du Crétacé et limitant le potentiel aquifère des terrains schisto-gréseux du Houiller.

IV.1.2 Unités hydrogéologiques du Mésozoïque

IV.1.2.1 Aquifère des sables du Santonien

Les sables d'Aachen, caractérisés par une porosité d'interstices élevées (porosité efficace: entre 5 et 30 %), présentent des potentialités aquifères intéressantes mais réduites vu leur faible extension (biseau vers l'Ouest) et leur faible épaisseur dans la région étudiée. De plus, la Formation d'Aachen étant relativement hétérogène (sables et argiles), les niveaux argileux réduiront localement la perméabilité de l'aquifère.

IV.1.2.2 Aquitard-Aquifère de Vaals

La Formation sablo-argileuse de Vaals est généralement peu aquifère. Les propriétés aquifères de cette formation sont donc étroitement liées à sa localisation géographique. Dans le Pays de Herve, la fraction sableuse augmente généralement vers l'Est. Vers l'Ouest (région de Bolland), la formation est relativement peu perméable. En revanche, la perméabilité va croissante vers l'Est. Des bancs locaux de grès, fracturés par l'activité tectonique, sont observés dans la partie orientale de la région. Ils sont affectés d'une perméabilité secondaire (de fissuration) importante. Ces zones gréseuses peuvent être en contact avec la Formation surincombante de Gulpen via des chenaux sableux dans les sédiments.

IV.1.2.3 Aquifère des craies du Crétacé

La nappe des craies de Gulpen présente une double porosité : porosité d'interstices et porosité de fissures. La perméabilité est essentiellement déterminée par la fracturation et peut varier fortement d'un endroit à l'autre (aussi bien verticalement qu'horizontalement). Ces nappes sont souvent localisées au droit des crêtes et des plateaux topographiques, elles constituent des aquifères d'extension réduite et généralement perchés. Des zones de sources sont localement observées dans les versants au contact avec la formation sous-jacente peu perméable de Vaals.

L'hydrogéologie des terrains crétacés est donc rendue relativement complexe par les variations latérales de faciès principalement dans les Formations de Vaals et accessoirement d'Aachen. On distinguera par endroits un système aquifère composé de deux aquifères, craies de Gulpen et sables d'Aachen, séparés par un horizon peu perméable (Vaals), et par ailleurs, suite aux changements de lithologie de la formation de Vaals, une seule unité hydrogéologique du Crétacé (Aquifère du Crétacé indifférencié).

Au contact des terrains du Houiller, formation généralement moins perméable, de nombreuses sources (exutoire de la nappe du Crétacé) sont observées. Le Houiller joue le rôle de niveau de base de cette nappe, surtout lorsqu'il présente un faciès schisteux.

IV.1.3 Unités hydrogéologiques du Cénozoïque

IV.1.3.1 Aquifère des sables de remplissage

Dans la région de Dalhem-Herve, les dépôts sableux qui comblent généralement les poches de dissolution de la craie, ont des capacités aquifères réduites vu la faible extension des dépôts et l'hétérogénéité des matériaux. Ils constituent donc de petites nappes très locales, souvent temporaires. Ils jouent également le rôle de filtre pour les nappes sous-jacentes.

IV.1.3.2 Aquifère des terrasses fluviales

Les dépôts alluvionnaires anciens formant les terrasses fluviales sont essentiellement composés de graviers et de sables offrant ainsi des potentialités aquifères intéressantes, si leur extension le permet. Les niveaux limoneux et argileux peuvent induire localement de petites nappes perchées temporaires. Les nappes des terrasses sont alimentées par les eaux de précipitation et l'apport des nappes des versants (apport réduit sur cette carte, car les terrasses occupent majoritairement des positions hautes). L'exutoire de ces nappes correspond à la base aval de la terrasse, limitant fortement la capacité de stockage des terrains. Sur un substratum perméable, ces nappes peuvent également alimenter l'aquifère sous-jacent.

IV.1.3.3 Aquitard des limons

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.1.3.4 Aquifère alluvial

Les alluvions déposées par la Meuse et composées principalement par des sables et graviers roulés offrent des potentialités aquifères non négligeables. L'alimentation de cette nappe provient de l'apport direct des eaux pluviales, parfois rendu faible par l'imperméabilisation urbaine de la plaine, de l'apport des nappes sises dans les versants, y compris dans le manteau d'altération et ceux de la nappe sous-jacente du bed-rock, en légère surpression, c'est-à-dire avec un niveau piézométrique souvent légèrement supérieur à celui de la nappe alluviale.

L'hétérogénéité des alluvions de la Meuse, selon que l'on se trouve au droit d'anciens îlots de graviers ou d'anciens bras remblayés et chenaux fluviaux, induit des caractéristiques hydrogéologiques très variables. La conductivité hydraulique (K) de la nappe alluviale de la Meuse est de l'ordre de 2 à $4 \cdot 10^{-3}$ m/s, avec des axes de drainage où K vaut 9 à $10 \cdot 10^{-3}$ m/s et des secteurs peu perméables où K devient \leq à $0,4 \cdot 10^{-3}$ m/s (Calembert et al, 1974).

Les limons fluviaux, d'épaisseur variable, recouvrent la couche sablo-graveleuse, rendant localement captive la nappe alluviale de la Meuse.

Tableau IV.1: Correspondance entre la géologie et l'hydrogéologie – carte Dalhem-Herve

Ere	Système	Série	Etage	Formation	Lithologie	Abréviation	Hydrogéologie
CENOZOIQUE	QUATERNAIRE	HOLOCENE		Alluvions Modernes	Limon argileux, silt, sable et gravier	AMO	Aquifère alluvial
		PLEISTOCENE		Alluvions Anciennes	Limon sableux à galets de diamètre variable, sable et argile	ALA	Aquifère des terrasses fluviatiles
	NEOGENE	PLIOCENE					
		MIOCENE					
PALEOGENE	OLIGOCENE	Chattien	Dépôts Sableux	Matériaux sableux mêlés de lentilles d'argiles sableuses, sables quartzeux souvent micacés	SBL	Aquifère des sables de remplissage	
MESOZOIQUE	CRETACE	SENONIEN	Maastrichtien	Gulpen	Craie glauconifère, craie blanche avec silex noirs - Argile rousse à silex	GUL	Aquifère des craies du Crétacé
			Campanien	Vaals	Horizon smectitique, argile carbonatée, craie argileuse, siltite sableuse glauconifère	VAA	Aquitard-Aquifère de Vaals
			Santonien	Aachen	Sable jaune et blanc à niveaux argileux	AAC	Aquifère des sables du Santonien
PALEOZOIQUE	CARBONIFERE	WESTPHALIEN	Westphalien A	Groupe Houiller	Shales-siltites avec intercalations de lits de grès ou de quartzites - Localement concrétions lenticulaires de carbonate de fer - Nombreux niveaux de houille - Charbon	HOU	Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller
		NAMURIEN	Yeadonien				
			Marsdenien				
			Kinderscoutien				
			Chokierien				
			Arnsbergien				
	Pendlein						
	Souvré	Calcaire silicifié - Shales siliceux (Phtanites)	SOU				
VISEEN	Visé	Lives (Livien)	Calcaire - Nodules de cherts	LIV	Aquifère des calcaires du Carbonifère		
			Calcaire bréchique, construit, turbiditique	VIS			
DEVONIEN	SUPERIEUR	Famennien	Monfort-Evieux (regroupement)	Grès et quartzites alternant avec des siltites micacées	ME	Aquifère des grès du Famennien	
			Hodimont	Shales micacés, localement nodules calcaires	HOD	Aquitard du Famennien	
		Frasnien	Lustin	Calcaire gris massif, parfois dolomitisé et/ou bréchifié	LUS	Aquifère des calcaires du Frasnien	

IV.2 Description de l'hydrogéologie de la carte

Dans la région de Dalhem-Herve, on distingue plusieurs aquifères dont le plus important est la nappe logée dans les terrains du Crétacé (craies et sables).

Le socle paléozoïque renferme quelques unités hydrogéologiques : l'aquifère des calcaires du Carbonifère et du Dévonien, l'aquifère des grès du Famennien et des aquifères locaux dans les formations schisto-gréseuses du Houiller.

La nappe alluviale sise dans les sables et graviers de Meuse (alluvions modernes) constitue un important réservoir d'eau. De petites nappes locales et temporaires sont aussi observées dans les terrasses de la Meuse.

Les limons quaternaires constituent une couche protectrice pour les nappes sous-jacentes. En période de forte pluviosité, on y observe parfois de petites nappes locales et temporaires.

Ce chapitre consacré à l'hydrogéologie régionale n'abordera que les aquifères principaux de la carte hydrogéologique, à savoir les aquifères logés dans les formations du Mésozoïque, la nappe logée dans les alluvions de la Meuse et les aquifères locaux fissurés sis dans les terrains du Houiller. A l'échelle de la carte Dalhem-Herve, les formations calcaires et gréseuses du Carbonifère et du Dévonien ne représentent pas des potentialités aquifères importantes.

Une carte simplifiée, présentée en annexe, reprend l'ensemble des puits, sources... cités dans le texte.

IV.2.1 Aquifères du Crétacé

Le cadre hydrogéologique du Pays de Herve est complexe suite aux variations latérales de faciès des formations du Mésozoïque, principaux réservoirs aquifères de la région. Il n'est par conséquent pas toujours possible d'individualiser les différentes nappes logées dans ces formations (Gulpen, Vaals, Aachen).

Une étude approfondie des ressources en eau du Pays de Herve a été menée en 1986, par Huygens, dans le cadre d'une convention entre la CILE et la Région Wallonne (rapport CILE-RW, 1986).

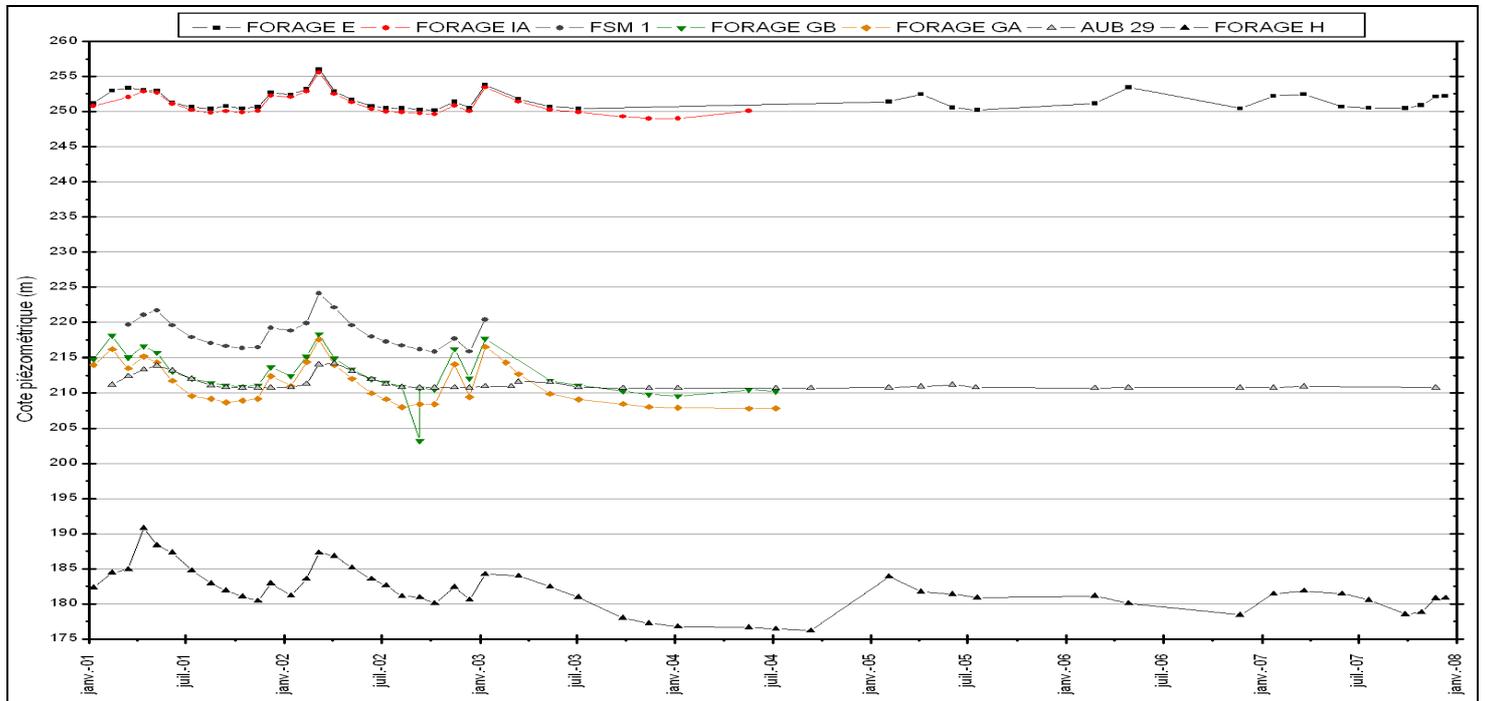
L'écoulement général de la nappe s'effectue vers le nord-ouest reflétant l'inclinaison des couches géologiques (voir carte hydrogéologique). L'allure accidentée des isopièzes s'explique aisément par la nature des différentes formations aquifères en présence et par l'importance des phénomènes de pente dus au vallonnement typique du Pays de Herve. Le réseau hydrographique joue le rôle de drainage latéral (trop-plein) de cette nappe à caractère perché. Ainsi, cette situation implique que la nappe logée dans les craies n'est pas alimentée par les ruisseaux. Sur les plateaux crayeux, le gradient piézométrique de la nappe est de l'ordre de 1 à 3 % et sa surface piézométrique est peu régulière, due à la fracturation des craies. Dans les zones de pente, là où la Formation de Gulpen fait place aux formations de Vaals et d'Aachen, la nappe devient plus superficielle. Son gradient piézométrique est plus élevé et sa surface piézométrique est sensiblement parallèle à la surface topographique.

Huygens a déterminé, par une étude des limnigrammes en fonction de l'eau utile, un retard à l'infiltration de 15 jours à 1 mois. Le battement annuel de la nappe est de l'ordre de 2 mètres. A titre indicatif, pour le bassin de la Berwinne, les précipitations moyennes sont d'environ 910 mm par an, avec une lame d'eau disponible pour l'infiltration et le ruissellement équivalente à environ 400 mm.

Depuis 2001, le niveau d'eau dans plusieurs puits et piézomètres du plateau de Herve est régulièrement relevé par la Région Wallonne (DGRNE, ESO-Liège). La figure IV.1 montre les fluctuations piézométriques de puits situés dans la partie septentrionale de la

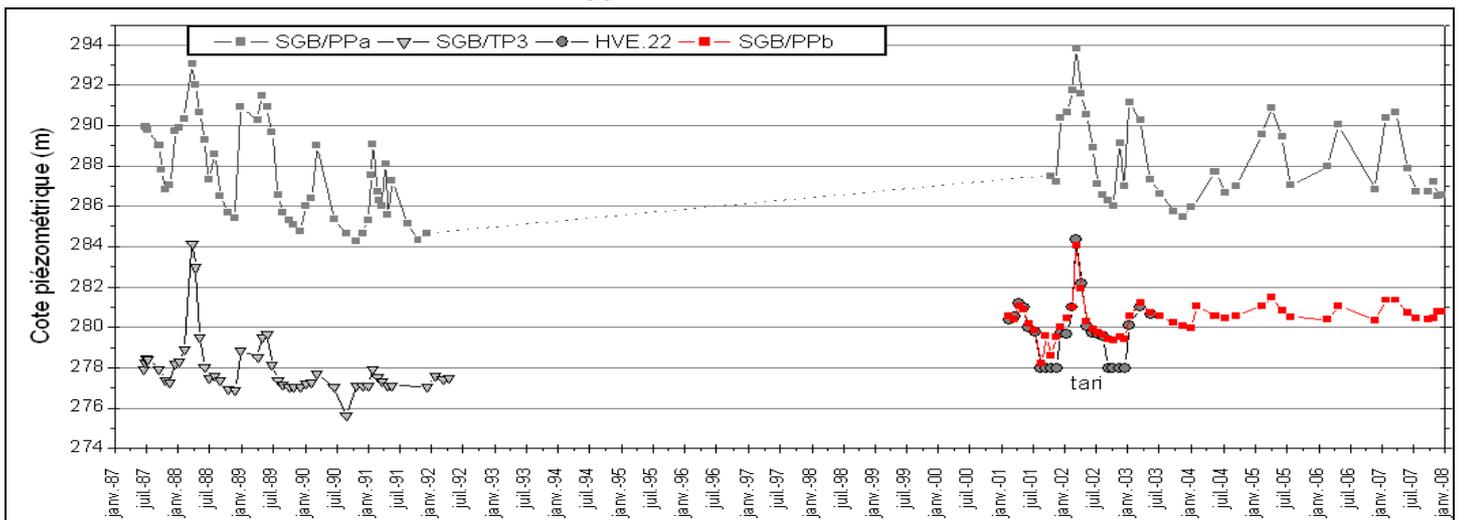
carte, dans les formations crayeuses au Nord d'Aubel. Les hauteurs piézométriques présentent des variations annuelles et interannuelles relativement faibles. Les basses eaux sont systématiquement rencontrées en été, les hautes eaux au printemps.

Figure IV.1 : Fluctuations piézométriques de la partie septentrionale de la nappe des craies du Crétacé



La figure IV.2 présente l'évolution piézométrique de quelques puits situés dans la partie Sud du bassin de la Berwinne. On constate ici aussi qu'en hiver-printemps, les niveaux d'eau sont plus hauts que pendant les mois d'été. Les amplitudes annuelles des fluctuations piézométriques sont en moyenne de quelques mètres, jusqu'à maximum une dizaine de mètres.

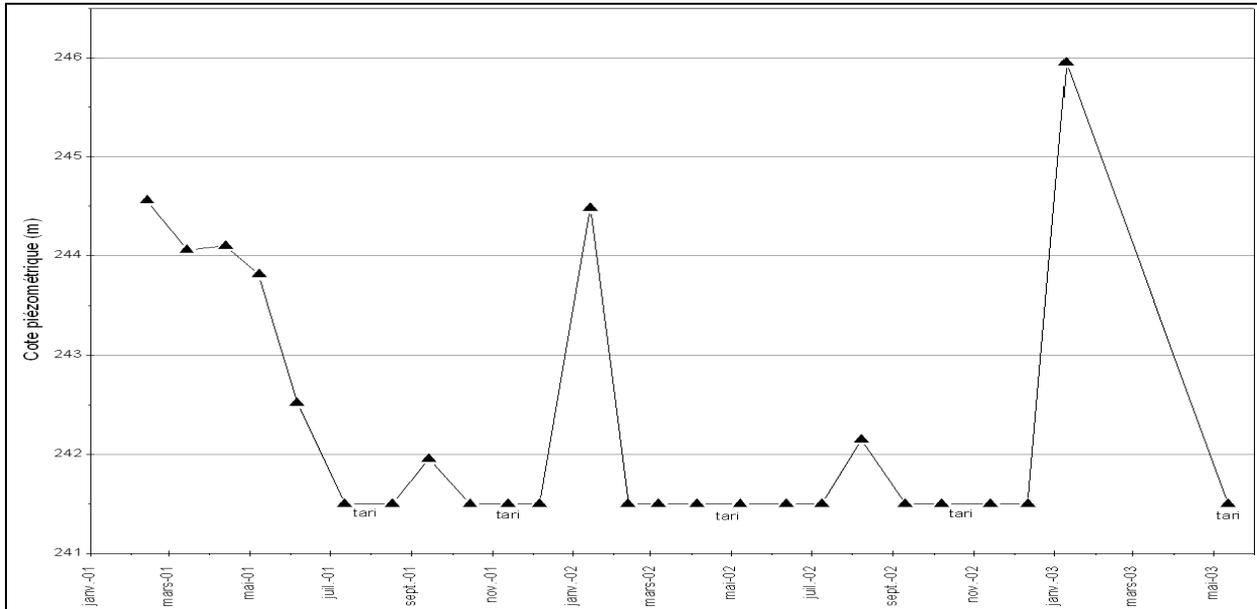
Figure IV.2 : Fluctuations piézométriques de la partie méridionale de la nappe des craies du Crétacé



Les ouvrages repris aux figures IV.1 et IV.2 sont tous implantés dans l'aquifère des craies du Pays de Herve. Les puits localisés dans le Nord du bassin de la Berwinne ont des réponses hydrogéologiques plus rapides aux précipitations que ceux situés sur le flanc sud (Huygens, 1986).

Le puits CLE 11 est situé en bordure de la Formation sableuse d'Aachen, au lieu-dit 'Craw'hé'. La figure IV.3 dresse l'évolution piézométrique de ce puits. On remarque que sur une courte période de mesures (2 ans), le puits a été plusieurs fois, et parfois sur de longues périodes, à sec. Ceci est sans doute dû à la faible profondeur de l'ouvrage (une dizaine de mètres), mais peut aussi être imputable au cadre hydrogéologique (caractère drainant des sables). Les pics observés en janvier témoignent de la rapidité de la réponse hydrogéologique de ce puits aux précipitations hivernales.

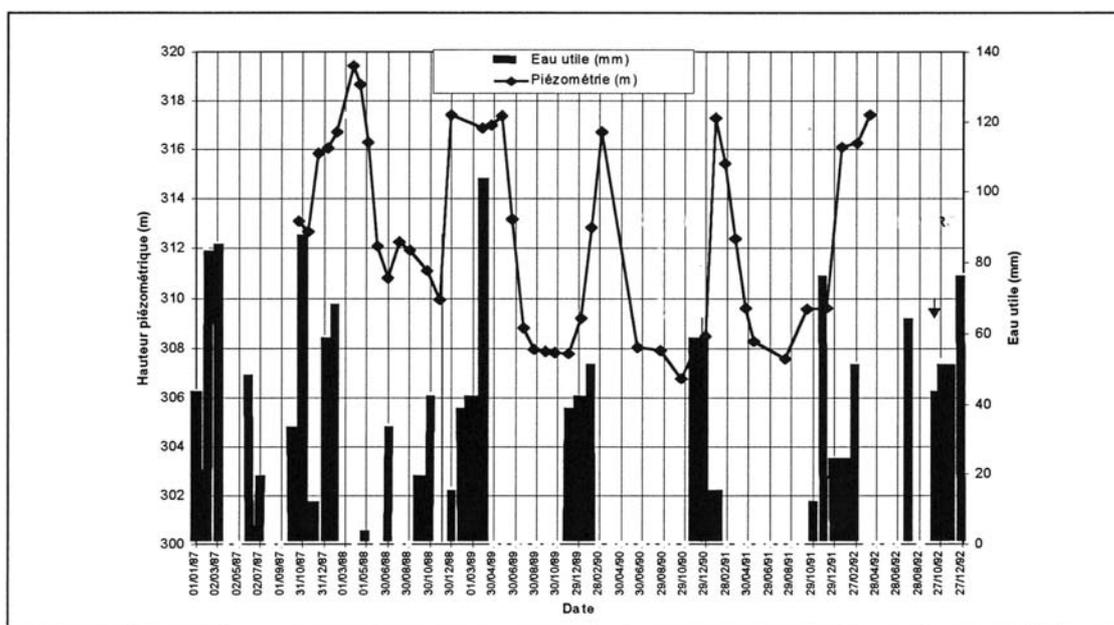
Figure IV.3 : Fluctuations piézométriques de la nappe des sables du Pays de Herve: Puits CLE11



Sur la carte de Dalhem-Herve, nous ne disposons pas de mesures piézométriques régulières permettant de tracer l'évolution piézométrique de la nappe logée dans la Formation de Vaals. Comme signalé précédemment, les variations de faciès de cette couche la rendent plus perméable vers l'est.

A Clermont, directement à l'est de la carte étudiée, un piézomètre de 67 m de profondeur est crépiné dans les argiles sableuses de Vaals sur une hauteur de 35,5 m et dans les sables sous-jacents d'Aachen sur environ 9 m. Sur la figure IV.4, sont repris l'eau d'infiltration (valeurs mensuelles) et les niveaux d'eau au droit de cet ouvrage. Le niveau de la nappe fluctue entre les cotes de 319,43 et 306,77 m, c'est-à-dire entre 22,7 et 35,36 m sous le niveau du sol. Ces valeurs de hauteur d'eau indiquent, qu'au droit du site, les formations crayeuses sont non saturées. Le niveau de la nappe s'équilibre au droit des formations sablo-argileuses de Vaals. L'étude de la piézométrie montre que le niveau de la nappe fluctue très rapidement en fonction de l'infiltration (hautes eaux en hiver, basses eaux en été) (rapport LGIH-EXP/991). Il faut rappeler que ce site se trouve dans la zone de transition du faciès de la Formation de Vaals où les argiles cèdent progressivement la place à des argiles sableuses. Les unités hydrogéologiques du Crétacé ne sont plus, ici, indépendantes (isolées) mais constituent un système continu (Aquifère du Crétacé indifférencié).

Figure IV.4 : Fluctuation piézométrique à l'Est de Thimister-Clermont (Vaals et Aachen)



IV.2.2 Aquifère alluvial de la Meuse

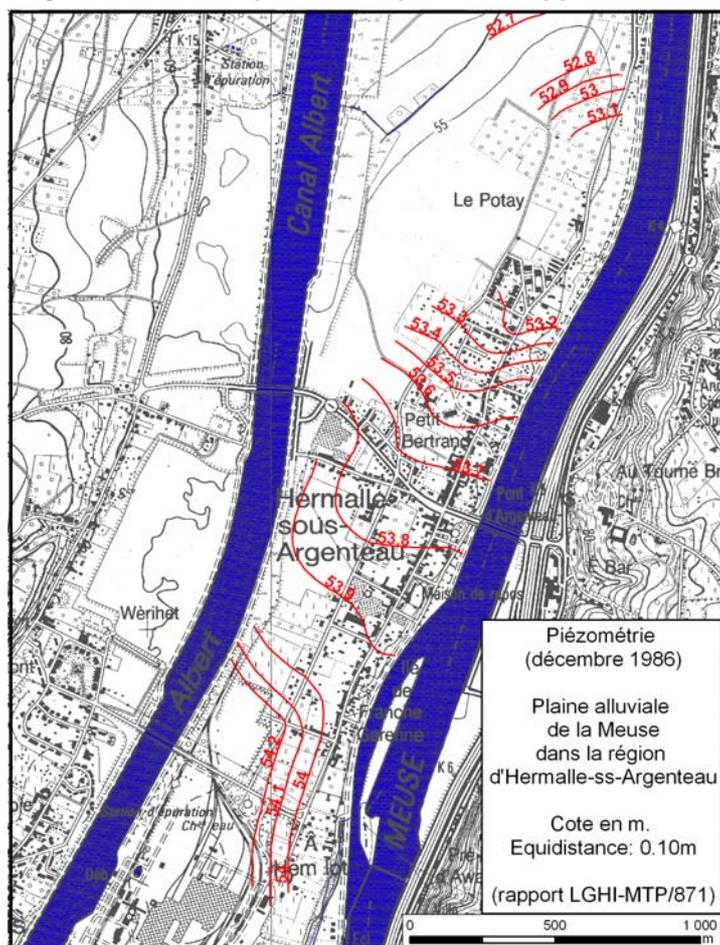
Sur la carte de Dalhem-Herve, on dénombre une vingtaine d'ouvrages implantés dans les alluvions de la Meuse. Outre quelques ouvrages de prises d'eau d'industries et de privés, il s'agit principalement de piézomètres forés dans le cadre d'études de caractérisation de la nappe alluviale de la Meuse (voir bibliographie).

Les ouvrages de génie civil (canal Albert, barrages, mur de quai, drains,...) réalisés dans la plaine alluviale de la Meuse en aval de Liège influencent par endroits, fortement, les relations nappe alluviale – fleuve, modifiant les gradients piézométriques et les débits de transfert.

Dans l'ensemble, l'écoulement général de la nappe alluviale entre le canal Albert et la Meuse est plutôt parallèle au fleuve, malgré la présence de drains le long des murs de quai (rapport LGIH-MTP/871).

Localement, à hauteur d'Hermalle-sous-Argenteau, la nappe alluviale présente un gradient de 0,16 % perpendiculaire à la Meuse, ce qui pourrait traduire un drainage de la nappe par le fleuve. En aval, l'écoulement est dirigé vers le nord et plus ou moins parallèle au fleuve, suivant un gradient piézométrique compris entre 0,03 et 0,15 %. A Basse-Hermalle, des gradients plus élevés sont observés (0,13 à 0,18 %) (figure IV.5).

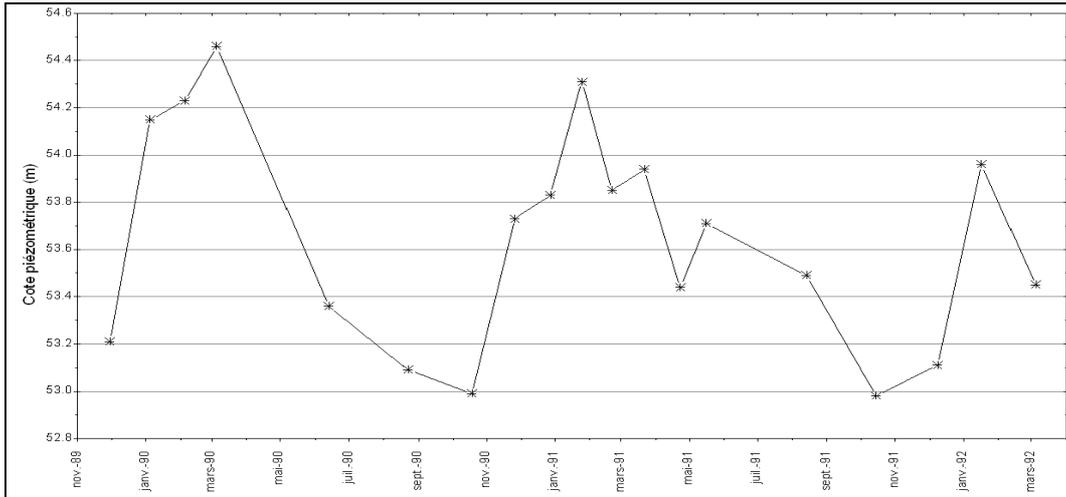
Figure IV.5 : Carte piézométrique de la nappe alluviale



La nappe alluviale est généralement libre, cependant elle est parfois rendue captive sous les limons fluviaux. Le niveau de la nappe est légèrement décroché par rapport au fond du canal Albert (Z fond : +55 m), qui subit de ce fait des pertes au travers du dispositif d'étanchement du fond, lequel repose par endroits directement sur les graviers. A Hermalle-sous-Argenteau, le débit de fuite par mètre de canal a été estimé entre $0,2 \cdot 10^{-3}$ et $0,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (rapport LGHI-MTP/871).

La Région Wallonne a effectué un suivi piézométrique de novembre 1989 à mars 1992, au droit d'un forage (Z sol: 65,62 m), localisé dans le Nord de la plaine alluviale, SGB/C-TP. Le niveau piézométrique est relativement constant, fluctuant autour d'une moyenne de 53,65 m, l'amplitude moyenne annuelle est de l'ordre de 1,4 m (figure IV.6).

Figure IV.6 : Fluctuations de la nappe alluviale au droit de la carte Dalhem-Herve

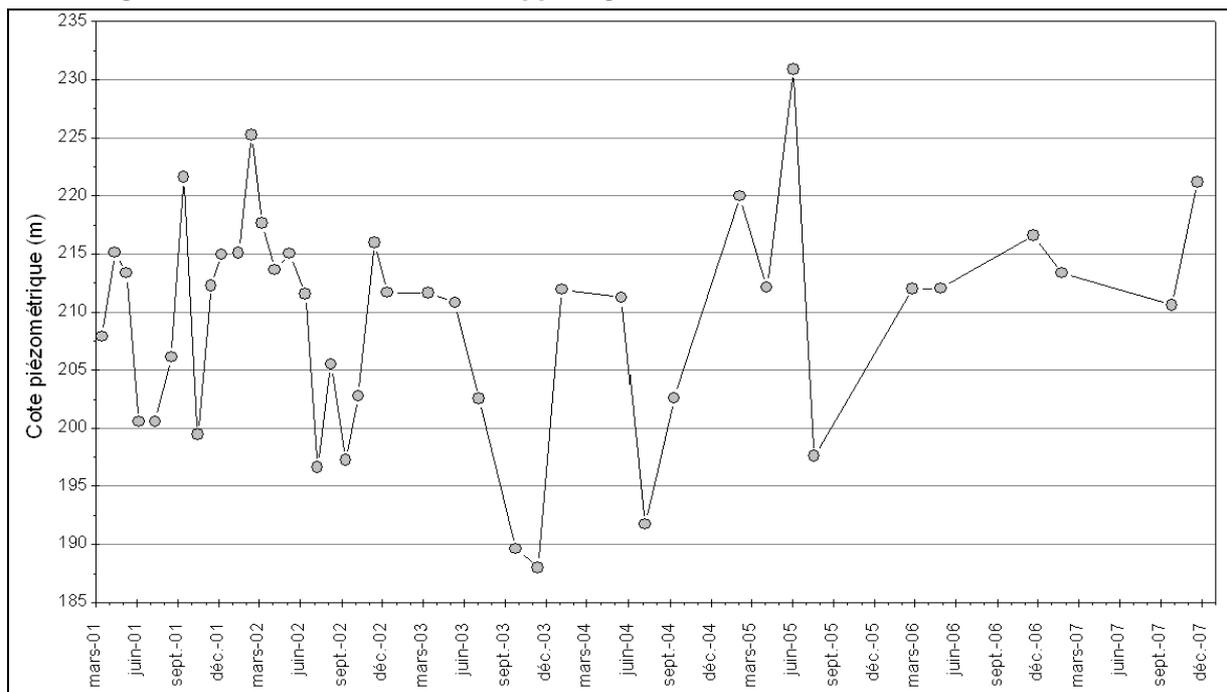


Sur l'ensemble de la nappe alluviale en aval de Liège jusqu'à Lanaye, différents flux ont été estimés par modélisation : pour la situation piézométrique de juillet 1989, l'alimentation de la nappe via les versants est quantifiée à 3 m³/s, les fuites du canal Albert à 2,7 m³/s, un flux de 5,3 m³/s a été estimé de la nappe vers la Meuse, (Dassargues et Lox, 1991).

IV.2.3 Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

Au droit de la carte de Dalhem-Herve, beaucoup d'ouvrages sont implantés dans les formations schisto-gréseuses du Houiller, principalement dans la cuvette d'Aubel. Néanmoins, peu de données piézométriques sont disponibles. La Région Wallonne relève régulièrement le niveau d'eau d'un forage SGB-TP, situé à Thimister-Clermont (Zsol: 259.52 m). La figure IV.7 présente l'évolution des hauteurs piézométriques de cet ouvrage. Le niveau varie fortement, l'amplitude maximale observée sur la période de mesure est d'une quarantaine de mètres.

Figure IV.7 : Fluctuations de la nappe logée dans les terrains fissurés du Houiller



L'arrêt de l'exploitation minière s'accompagne généralement d'un arrêt des pompages d'exhaure. Il s'ensuit une remontée des niveaux piézométriques dans les terrains qui avaient été désaturés lors de la progression de l'exploitation. Ce phénomène de remontée des niveaux piézométriques est couramment appelé ennoyage minier ("mine water rebound").

Le phénomène d'ennoyage minier peut avoir des conséquences importantes sur l'environnement (Monjoie, 2000; Younger, Banwart et al, 2002):

- Un risque d'acidification des eaux de surfaces ("acide mine drainage"): lorsque le niveau dans les mines atteint des galeries débouchant en surface, l'eau des mines s'écoule par gravité et se déverse dans le réseau d'eau de surface. Or ces eaux présentent très souvent un caractère acide, sulfaté et riche en fer;
- Il peut arriver que ces galeries qui évacuent les eaux par gravité s'obstruent suite à un éboulement. Le niveau d'eau derrière le "bouchon" continue d'augmenter jusqu'à exercer une pression suffisante pour rompre l'obstruction. Les terrains saturés suite à la formation du bouchon se vidant brutalement de leur eau, celle-ci est évacuée par la galerie précédemment obstruée ce qui peut provoquer des inondations importantes en surface (coups d'eau);
- L'augmentation des pressions d'eau dans les terrains peut induire des problèmes de stabilité dans les versants, voire des reprises des tassements.

Ainsi la Région Wallonne a lancé (avec l'aide de la Commission Européenne) des études approfondies afin de mieux comprendre des phénomènes et de les prévenir. Depuis 2002, l'ISSeP a été chargé de cette mission (en collaboration avec l'AIDE et l'ULg). Plusieurs études menées dans la zone pilote de Wandre-Cheratte ont conduit à la mise en place d'un réseau d'observation hydrologique permettant de suivre le niveau des eaux souterraines et le débit des galeries d'exhaure (Berger et al, 2003; Gardin et al, 2005; Dingelstadt et Drevet, 2007). Ce réseau est, entre autres, destiné à servir de système d'alerte des coups d'eau. Par la suite, d'autres études ont permis d'étendre ce réseau aux zones de Herstal-Oupeye-Liège-Nord, Liège-Ans et Saint-Nicolas.

Ces études des conséquences de l'après-mine ont permis de collationner de nombreuses et diverses données hydrogéologiques. Ainsi dans la zone Wandre-Cheratte, sur la carte Dalhem-Herve, on dénombre 9 piézomètres et 13 puits privés dont le niveau d'eau est relevé régulièrement par l'ISSeP. Tous ces ouvrages sont implantés dans les terrains du Houiller (figure IV.8).

Figure IV.8: Localisation des ouvrages suivis par l'ISSeP (Projet "Après-mine"), sur la carte Dalhem-Herve

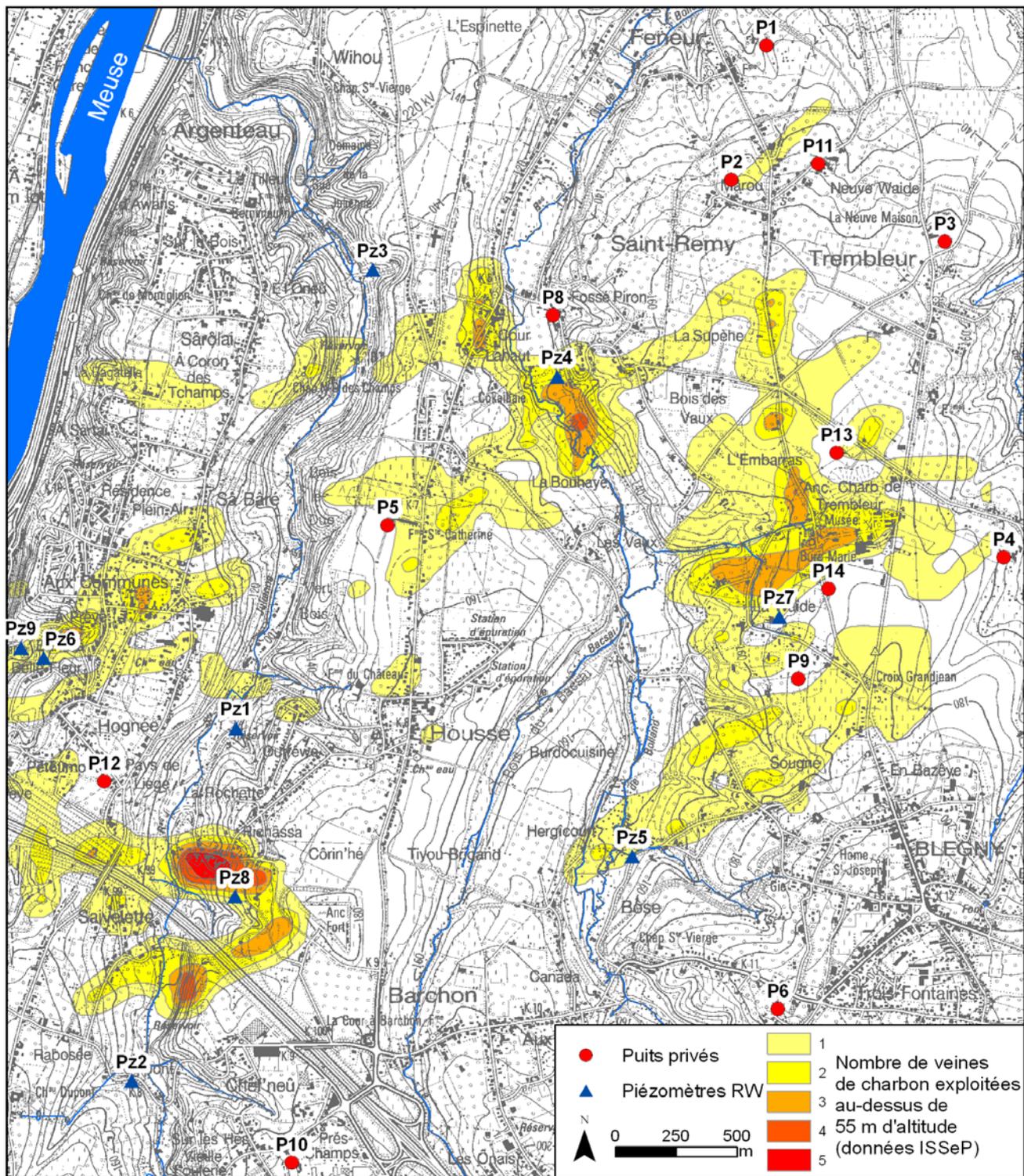
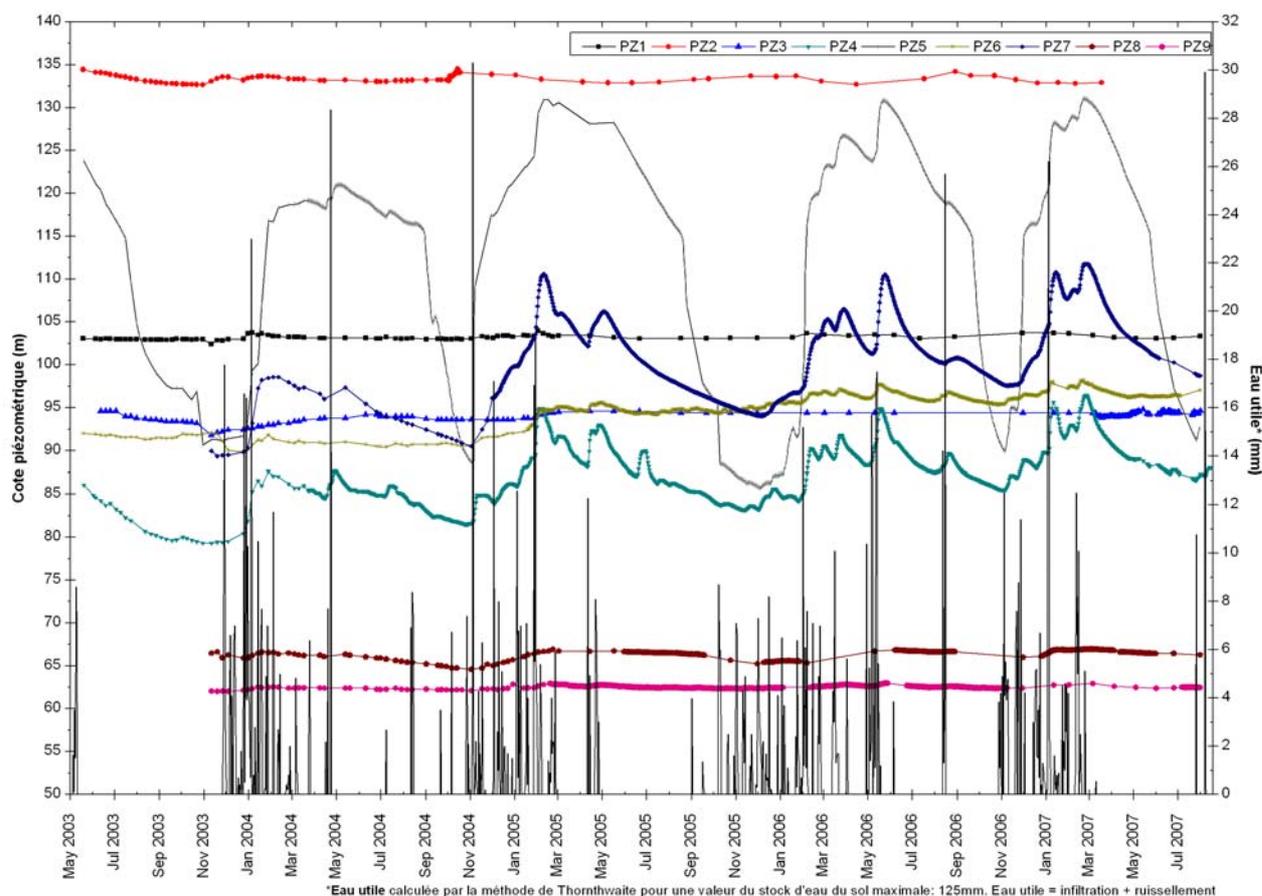


Figure IV.9: Fluctuations piézométriques dans les piézomètres RW (Houiller) (Issep)



Les chroniques piézométriques présentées à la figure IV.9 mettent évidence plusieurs faits. La recharge de la nappe logée dans les terrains du Houiller se fait en général sur les premiers mois de l'année (janvier → mars/avril). Il s'ensuit une longue période de tarissement entrecoupée par de légères recharges.

Les niveaux piézométriques mesurés indiquent un gradient orienté vers la Meuse, avec localement des rabattements, parfois importants, dans les zones qui ont été exploitées au dessus de 55 m - niveau moyen de la Meuse (Pz4, Pz5, Pz7 et Pz8). Dans ces zones exploitées, les fluctuations piézométriques sont généralement très marquées. A l'inverse, dans les zones supposées non exploitées, les fluctuations piézométriques sont très faibles, de l'ordre du mètre (Pz1, Pz2). Enfin, il apparaît que le rayon d'influence des zones exploitées sur la piézométrie des terrains non exploités est faible.

Le piézomètre Pz3 présente depuis le début un caractère artésien (valeur moyenne: 94 m). L'ouvrage Pz6 a connu quelques problèmes d'envasement qui ont nécessité son nettoyage (août 2007). Les niveaux piézométriques de cet ouvrage sont donc à considérer avec précaution.

Dans les puits privés, les variations piézométriques saisonnières sont plus difficiles à mettre en évidence. On remarque le faible rayon d'influence des zones exploitées sur la piézométrie des terrains non exploités.

Calculé par la méthode de Thornthwaite, le bilan hydrologique fournit, sur base des précipitations journalières (IRM, station de Liège-Monsin) et de l'évapotranspiration potentielle journalière calculée par la formule de Penman (PAMESEB, station de Bierset), des estimations de l'évapotranspiration réelle et de l'eau utile (composée du ruissellement et de l'infiltration). Dans le cadre de ce projet, la teneur maximale en eau du sol est fixée à 125 mm.

V. CADRE HYDROCHIMIQUE

Seules les eaux des nappes du Crétacé et de la nappe alluviale de la Meuse sont caractérisées hydrochimiquement. Nous ne disposons pas de données suffisantes pour préciser le cadre hydrochimique des eaux issues des terrains du Houiller au droit de la carte de Dalhem-Herve.

V.1 Caractéristiques hydrochimiques des eaux

V.1.1 Aquifères du Crétacé

D'une manière générale, les eaux de la nappe du Crétacé sont de type bicarbonaté calcique (Ca-HCO₃). En fonction des couches géologiques traversées, leur composition chimique peut légèrement varier. Il faut aussi noter que les activités anthropiques influencent fortement la qualité de l'eau.

Le tableau V.1 montre des analyses représentatives de l'eau de la nappe des craies du Pays de Herve. Cette eau a une dureté élevée avec des concentrations en bicarbonates et en calcium importantes dues à la dissolution du calcaire. Suite à ces concentrations, l'aquifère crayeux est caractérisé par un pH neutre à alcalin. La conductivité est moyenne à élevée et l'alcalinité totale relativement élevée. Dans l'ensemble, les sulfates sont présents en concentrations inférieures aux normes européennes de potabilité (250 mg/l), mais avec cependant des valeurs élevées dues soit à des venues d'eau locales en provenance du bed-rock ou de la Formation de Vaals (riches en pyrite), soit à des eaux acides issues de la percolation d'eau d'infiltration à travers des remblais divers (schisteux) sus-jacents (rapport Interreg II, 2000).

Tableau V.1 : Caractéristiques hydrochimiques moyennes de la nappe des craies du Pays de Herve

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Dr-Bolland	St-André-Loneux
		Code de l'Eau	9/3/1999 [(1)20/7/98]	4/4/2000
pH	unités pH	6.5 à 9.5	7.12 (1)	7.11
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	576 (1)	586
Dureté totale	° français	67.5	31.1	33.4
Alcalinité totale	° français	-	25.8	28.2
Calcium	mg/l	270*	118.4	138.4
Magnésium	mg/l	50*	3.6	1.9
Sodium	mg/l	150	5.9	5.1
Potassium	mg/l	12	1	1.1
Strontium	µg/l	750**	265.2	267
Fer total dissous	µg/l	200*	15	1
Sulfates	mg/l	250*	41.3	24.7
Chlorures	mg/l	200	11.6	14.9
Nitrates	mg/l	50	36.9	48.2
Nitrites	mg/l	0.1	0	0
Ammonium	mg/l	0.5*	0.01	0.01
Silice	mg/l SiO ₂	-	8.8	12.2

* norme de potabilité à défaut de valeur-guide - ** selon la Directive européenne

Une étude globale sur la qualité de l'eau souterraine d'aquifères transfrontaliers entre la Belgique et les Pays-Bas a été réalisée en 2000, dans le cadre d'un projet 'Interreg II'. Les eaux issues des Formations de Vaals et d'Aachen, de type Ca-HCO₃, présentent un pH neutre à alcalin (valeur médiane : 7,4). Cette eau est relativement dure, dû essentiellement à la percolation à travers la Formation de Gulpen. Les concentrations en magnésium sont normales et la valeur médiane des teneurs en sulfates est d'environ 50 mg/l, les phosphates sont présents en faible quantité (valeur médiane : 0,1 mg/l).

V.1.2 Aquifère alluvial de la Meuse

Le tableau V.2 présente des analyses hydrochimiques de la nappe de la Meuse au droit de la carte Dalhem-Herve. Le pH est basique et la conductivité élevée. Cette minéralisation est probablement due à une alimentation par le bed-rock. Les fortes concentrations en sulfates sont d'origine industrielle ou minière.

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

Elément	Unité	Niveau-guide RW	P1-Herm	F1-Chertal
		Code de l'Eau	7/7/89	5/4/88
pH	unités pH	6.5 à 9.5	8.02	7.33
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	741.5	814.6
Dureté totale	° français	67.5	37.5	37.6
Alcalinité totale	° français	-	24.9	29.1
Calcium	mg/l	270*	132	133
Magnésium	mg/l	50*	10.3	10.8
Sodium	mg/l	150	28.6	85.5
Potassium	mg/l	12	2.6	3.1
Bicarbonates	mg/l	-	300	354
Sulfates	mg/l	250*	117.2	172.9
Chlorures	mg/l	200	48.6	56.4
Nitrates	mg/l	50	14.4	0.3
Silice	mg/l SiO ₂	-	10.2	-

* norme de potabilité à défaut de valeur-guide - ** selon la Directive européenne

V.2 **Problématique des nitrates**

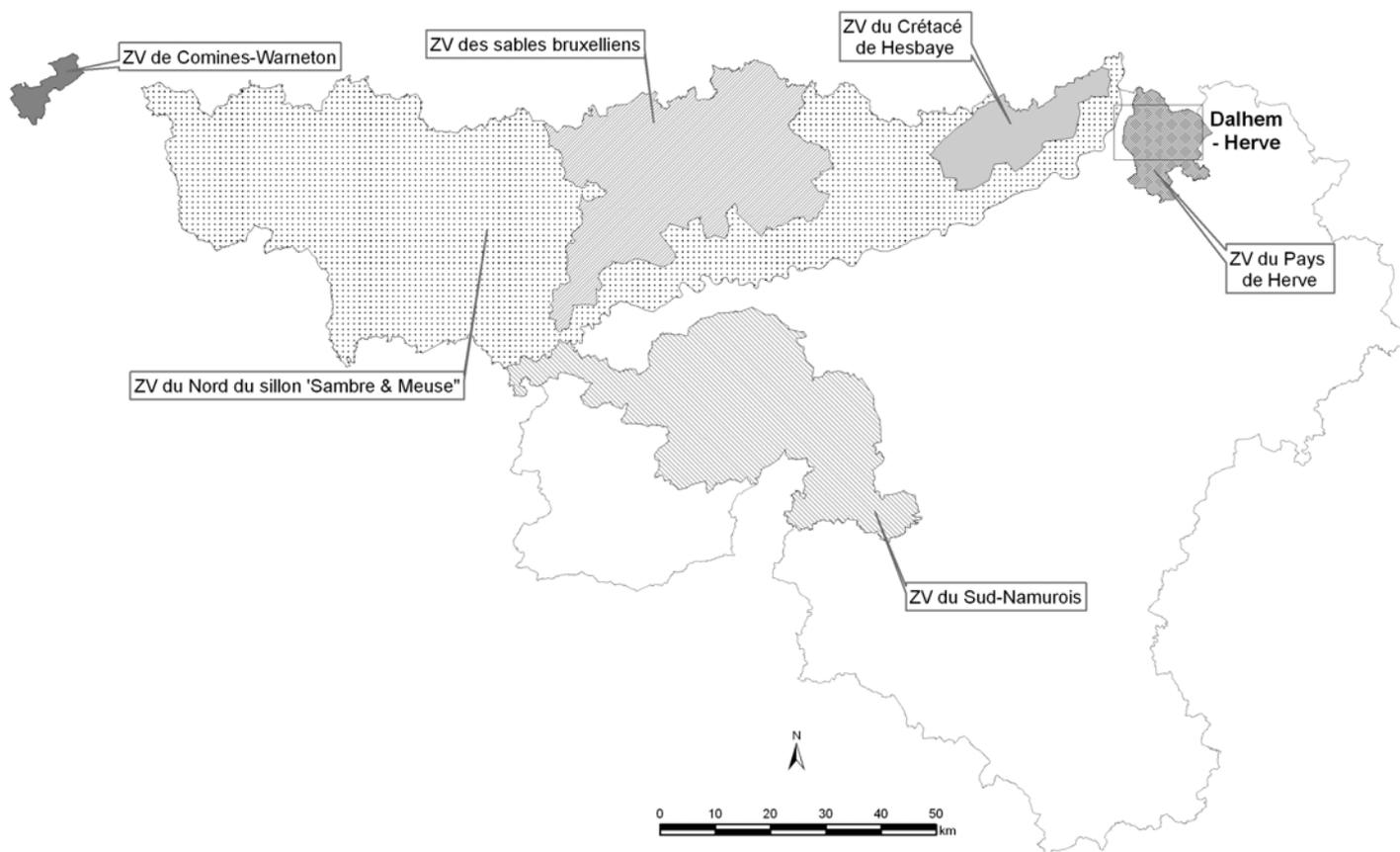
V.2.1 **Aquifères du Crétacé**

Depuis plusieurs années, les teneurs des composés azotés, plus particulièrement les nitrates, font l'objet d'un suivi régulier de la part des compagnies d'eau et de l'administration de la Région Wallonne (DGRNE-ESO).

Pour protéger les eaux contre la pollution par les nitrates, plusieurs "zones vulnérables" ont été désignées par arrêtés ministériels (figure V.1). Elles ont pour objet la protection des eaux souterraines contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles. Cette désignation implique l'application d'un programme d'action précis dont les mesures ont été arrêtées dans le code de "bonne pratique agricole". Pour plus d'informations, voir www.nitrawal.be.

Le territoire du Pays de Herve a été désigné comme "zone vulnérable aux nitrates" par le gouvernement wallon (AGW du 26 février 2006). Cette zone couvre presque complètement la carte Dalhem-Herve (voir carte thématique).

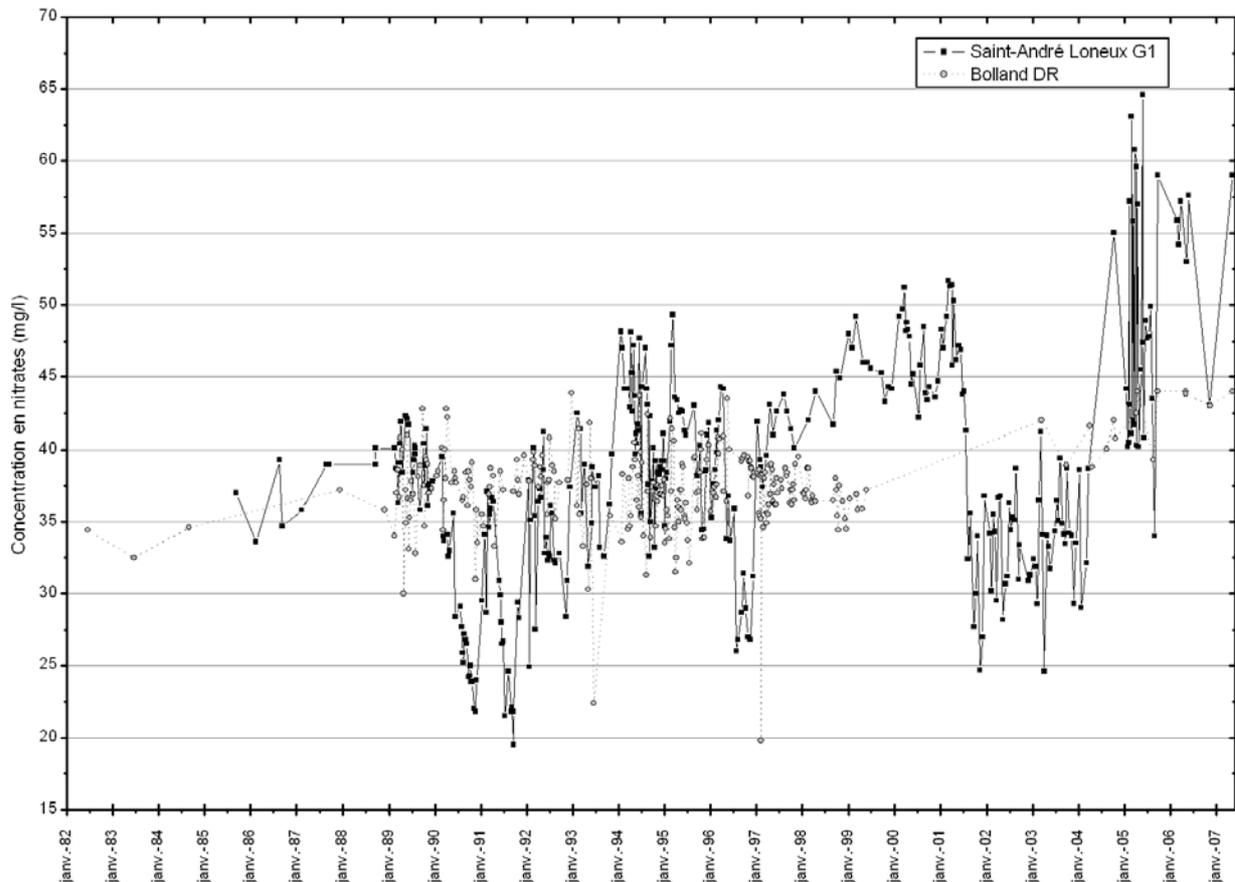
Figure V.1: Zones vulnérables en Région wallonne



Les compagnies de distribution d'eau surveillent de manière très régulière les concentrations en nitrates de leurs différents captages. Elles constatent une lente mais constante augmentation des teneurs en nitrates.

La figure V.2. montre l'évolution des teneurs en nitrates de différents captages sollicitant la nappe des craies du Pays de Herve. Les teneurs en nitrates avoisinent les 40 mg/l, avec des pics pouvant atteindre 65 mg/l pour le captage de St-André-Loneux. Entre 2002 et 2004, on observe une teneur moyenne pour ce captage d'environ 30-35 mg/l.

Figure V.2 : Evolution des teneurs en nitrates dans l'aquifère crayeux du Pays de Herve



Les concentrations en nitrates dans les eaux issues des Formations de Vaals et d'Aachen ont une valeur médiane de 20,3 mg/l, quelques puits ont des teneurs inférieures à 1 mg/l. 11,8% des échantillons dépassent le seuil des 50 mg/l (rapport Interreg II, 2000).

V.2.2 Aquifère alluvial de la Meuse

Au droit de la planche de Dalhem-Herve, quelques données hydrochimiques sur les teneurs en nitrates sont disponibles. Les valeurs observées au droit du puits d'Hermalle (P1-Herm) et du site de Chertal (F1-Chertal) sont, respectivement, de 14,8 mg/l (juillet 89) et de 4,9 mg/l (mars 88).

V.3 Qualité bactériologique

D'une manière générale, la qualité bactériologique des eaux de la nappe du Crétacé est bonne. Quelques germes totaux sont parfois détectés dans les analyses.

Nous ne disposons d'aucune analyse bactériologique des eaux de la nappe alluviale pour la zone étudiée.

V.4 Pesticides

Cinq types de pesticides sont systématiquement recherchés lors des analyses spécifiques: l'atrazine, la simazine, le diuron, l'isoproturon et le déséthylatrazine. Les valeurs maximales admises par la loi pour ces pesticides sont de 100 ng/l. Sur base des seules données disponibles, il semble que la pollution de la nappe du Crétacé par les pesticides reste limitée.

En octobre 2000, au droit de la galerie St-André-Loneux on a observé :

- 0 ng/l de déséthylatrazine ;
- 0 ng/l d'isoproturon ;
- 0 ng/l d'atrazine;
- 5 ng/l de diuron;
- 0 ng/l de simezine ;
- 2 ng/l de chlortoluron.

Nous ne disposons d'aucune analyse 'pesticides' des eaux de la nappe alluviale pour la zone étudiée.

VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES

VI.1 Aquifères du Crétacé

Les formations du Crétacé constituent une des principales ressources en eau de la région de Dalhem-Herve. Beaucoup de prises d'eau souterraine (privés, industries, compagnies d'eau) sont implantées dans cet important réservoir.

La SWDE possède plusieurs captages (galeries, drains, sources) dans la région. Seule la galerie de St-André-Loneux est toujours en service. Depuis 1999, ses eaux sont mélangées à celles en provenance du barrage d'Eupen avant distribution. Avant cette date, les volumes soutirés moyens étaient de 90 000 m³ par an, actuellement, ils varient entre 40 000 et 50 000 m³ par an. Les autres prises d'eau de la SWDE (Bolland, Jonkay, Bouxhmont, Borday, Waucoumont) ont été mises hors service car peu rentables, sujettes à des problèmes de pollution locale, et pour cause de vétusté des infrastructures. A titre indicatif, le volume moyen exploité par le drain 'Bolland' (hors service depuis 1999) était d'environ 70 000 m³ par an.

A côté de ces captages destinés à la distribution publique d'eau, on dénombre plus d'une centaine d'ouvrages implantés dans l'aquifère du Crétacé. Ils appartiennent à des exploitants agricoles, à des industries et à des particuliers. Les volumes pompés par ouvrage sont très variables, on estime généralement qu'ils sont compris entre 50 m³ et 10 000 m³ par an.

VI.2 Aquifère alluvial de la Meuse

Au droit de la carte de Dalhem-Herve, la nappe alluviale est exploitée par quelques particuliers et industries dont la plus importante est Cockerill (Arcelor-Mittal) qui pompe sur son site de Chertal 350 000 m³ par an sur deux puits.

La station de démergement 'Cheratte 1' de l'AIDE pompe annuellement un volume moyen de 120 000 m³. Il s'agit d'une station mixte qui récolte aussi bien les eaux pluviales et les égouts que les eaux d'infiltration récupérées dans les caves des particuliers (démergement). Ces eaux sont rejetées en Meuse.

VI.3 Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

Cet aquifère fissuré des formations schisto-gréseuses du Houiller est peu exploité, seulement pour de faibles volumes et pour des besoins locaux. Une vingtaine de puits de particuliers, d'agriculteurs ou d'industries exploitant ces nappes locales sont recensés ; les volumes pompés sont très variables, allant de 230 m³/an à 6500 m³/an.

VII. PARAMETRES D'ECOULEMENT ET DE TRANSPORT

VII.1 *Aquifères du Crétacé*

Plusieurs études hydrogéologiques ont été menées dans le Pays de Herve afin de caractériser au mieux les différentes formations aquifères du Crétacé.

VII.1.1 Aquifère des craies du Crétacé

En 1986, une quinzaine d'essais de pompage ont été réalisés dans le cadre de l'étude des ressources en eau du Pays de Herve (Huygens, 1986). Les paramètres hydrodynamiques sont fonction du taux de fissuration de la craie (Formation de Gulpen).

On observe des transmissivités comprises entre $0,1 \cdot 10^{-4}$ et $5 \cdot 10^{-4}$ m²/s, dans les zones où la craie est fort fissurée. Ces dernières sont plutôt situées dans l'est et le nord du Pays de Herve. La perméabilité moyenne (K) est de l'ordre de $0,2 \cdot 10^{-4}$ m/s.

VII.1.2 Aquitard-Aquifère de Vaals

Quelques essais de pompage ont été effectués dans des puits implantés dans la Formation de Vaals, dans la partie orientale du Plateau de Herve.

Dans la région d'Aubel - Thimister, des valeurs de transmissivité allant de 0,1 à $0,5 \cdot 10^{-4}$ m²/s, de perméabilité comprises entre 0,01 et $0,3 \cdot 10^{-4}$ m/s ont été mesurées (Huygens, 1986).

VII.1.3 Aquifère des sables du Santonien

A l'est de Clermont, un test d'infiltration a été réalisé en mars 1999, par les LGIH. Cela a permis d'estimer la perméabilité des sables d'Aachen à $3,8 \cdot 10^{-4}$ m/s (Rapport LGIH-EXP/991)

VII.2 *Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller*

Peu de données sont disponibles au droit de l'aquifère fissuré dans les formations schisto-gréseuses du Houiller sur la carte de Dalhem-Herve. Néanmoins, dans la région de Berneau (à l'est de Visé, au nord de la carte étudiée), un essai de pompage a permis de déterminer une transmissivité de l'ordre $1,8 \cdot 10^{-4}$ m²/s, avec K moyen de $0,782 \cdot 10^{-4}$ m/s (Huygens, 1986).

VII.3 *Aquifère alluvial de la Meuse*

La plaine alluviale de la Meuse en aval de Liège a fait l'objet de plusieurs études et recherches scientifiques qui ont permis de mieux connaître son comportement hydrogéologique.

Le site d'Hermalle-sous-Argenteau est équipé de 8 piézomètres et d'un puits. Plusieurs tests y ont été menés : essais de pompage, essais de traçage.

Le tableau VII.1 résume les résultats obtenus lors des essais de pompage réalisés en juillet 1989 (Rapport LGIH-MTP/901). Le coefficient d'emmagasinement (S) est très élevé au voisinage du puits, de 9 à 34,2 %, montrant un comportement de nappe libre, provoqué par le cône de rabattement. Plus on s'éloigne du puits, plus S est faible (0,6 à 7,2 %).

Tableau VII.1 : Ordre de grandeur des transmissivités de la nappe alluviale de la Meuse, à hauteur d'Hermalle-sous-Argenteau.

T en rabattement	12.6*10 ⁻² à 53.1*10 ⁻² m ² /s
T en remontée	23.6*10 ⁻² à 50.5*10 ⁻² m ² /s
T en régime permanent	18.12*10 ⁻² à 47.54*10 ⁻² m ² /s

En février-mars 1998, plusieurs essais de traçage (14 injections) ont été réalisés au droit du site expérimental d'Hermalle-sous-Argenteau, par S.Brouyère, dans le cadre de sa thèse de doctorat. Les paramètres hydrodispersifs calibrés sont représentatifs de la nappe logée dans les graviers alluviaux. Les valeurs calibrées de la porosité efficace sont comprises entre 3,5 % et 8 %. La dispersivité longitudinale a des valeurs variant entre 0,4 m et 4 m. Ce paramètre présente un important effet d'échelle tant spatial que temporel (Brouyère, 2001).

VIII. ZONES DE PREVENTION

VIII.1 Cadre légal

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

Afin de limiter les risques de contamination des captages, des périmètres de prévention doivent être mis en place. Quatre zones ont été définies dans la législation wallonne³:

1. la zone de prise d'eau (zone I)
2. la zone de prévention rapprochée (zone IIa)
3. la zone de prévention éloignée (zone IIb)
4. la zone de surveillance (zone III)

1° Zone de prise d'eau ou zone I

La zone de prise d'eau est délimitée par une ligne située à une distance de dix mètres des limites extérieures des installations en surface strictement nécessaires à la prise d'eau.

2° Zone de prévention rapprochée ou zone IIa

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

A défaut de données suffisantes permettant de définir la zone IIa selon le critère des temps de transfert, la législation suggère de délimiter la zone IIa par une ligne située à une distance horizontale minimale de 35 mètres à partir des installations de surface, dans le cas d'un puits, et par deux lignes situées à 25 mètres au minimum de part et d'autre de la projection en surface de l'axe longitudinal dans le cas d'une galerie.

En milieu karstique, tous les points préférentiels de pénétration (doline et perte) dont la liaison avec le captage est établie sont classés en zone IIa.

3° Zone de prévention éloignée ou zone IIb

La zone IIb est 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 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 :

³ 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

- 100 mètres pour les formations aquifères sableuses;
- 500 mètres pour les formations aquifères graveleuses;
- 1 000 mètres pour les formations aquifères fissurées ou karstiques.

Lorsqu'il existe des axes d'écoulement préférentiel de circulation des eaux souterraines alimentant l'ouvrage de prise d'eau, la zone IIb est étendue le long de ces axes sur une distance maximale de 1000 m et sur une largeur au moins égale à celle de la zone IIa.

4° Zone de surveillance ou zone III

La zone de surveillance englobe l'entièreté du bassin hydrographique et du bassin hydrogéologique situé à l'amont du point de captage.

Diverses mesures de protection⁴ ont été définies au droit des quatre zones.

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

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

⁴ Arrêté du Gouvernement wallon du 9 mars 1995 modifiant l'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

VIII.2 Zones de prévention autour des captages de la SWDE

La SWDE possède plusieurs captages sur la carte Dalhem-Herve. La majorité est, actuellement, hors service (vétusté des infrastructures, rendement, pollution locale). Seule la galerie captante de Loneux, située à Blégny, est toujours en activité. Les zones de prévention autour de ce captage ont été définies (figure VIII.1). La zone de prévention rapprochée a été délimitée sur base des distances forfaitaires. La zone de prévention éloignée a été délimitée sur base des limites du bassin d'alimentation. Ces limites ont ensuite été localement déplacées pour correspondre avec des limites matérialisables sur le terrain.

Ces zones de prévention ont été arrêtées par le Gouvernement Wallon en date du 1^{er} juillet 2004: *Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée de l'ouvrage de prise d'eau souterraine dénommé "Saint-André-Loneux G1", sis sur le territoire de la commune de Blegny* (Mention au M.B. 05/08/2004, p59105).

VIII.3 Zones de prévention autour des captages de la Cidrerie RUWET

A ce jour, aucune zone de prévention autour des puits appartenant à la cidrerie RUWET s.a. n'a été arrêtée par le Gouvernement wallon. Les zones à définir sont symbolisées sur la carte hydrogéologique par un triangle vide, tracé autour des captages exploités pour la distribution d'eau potable.

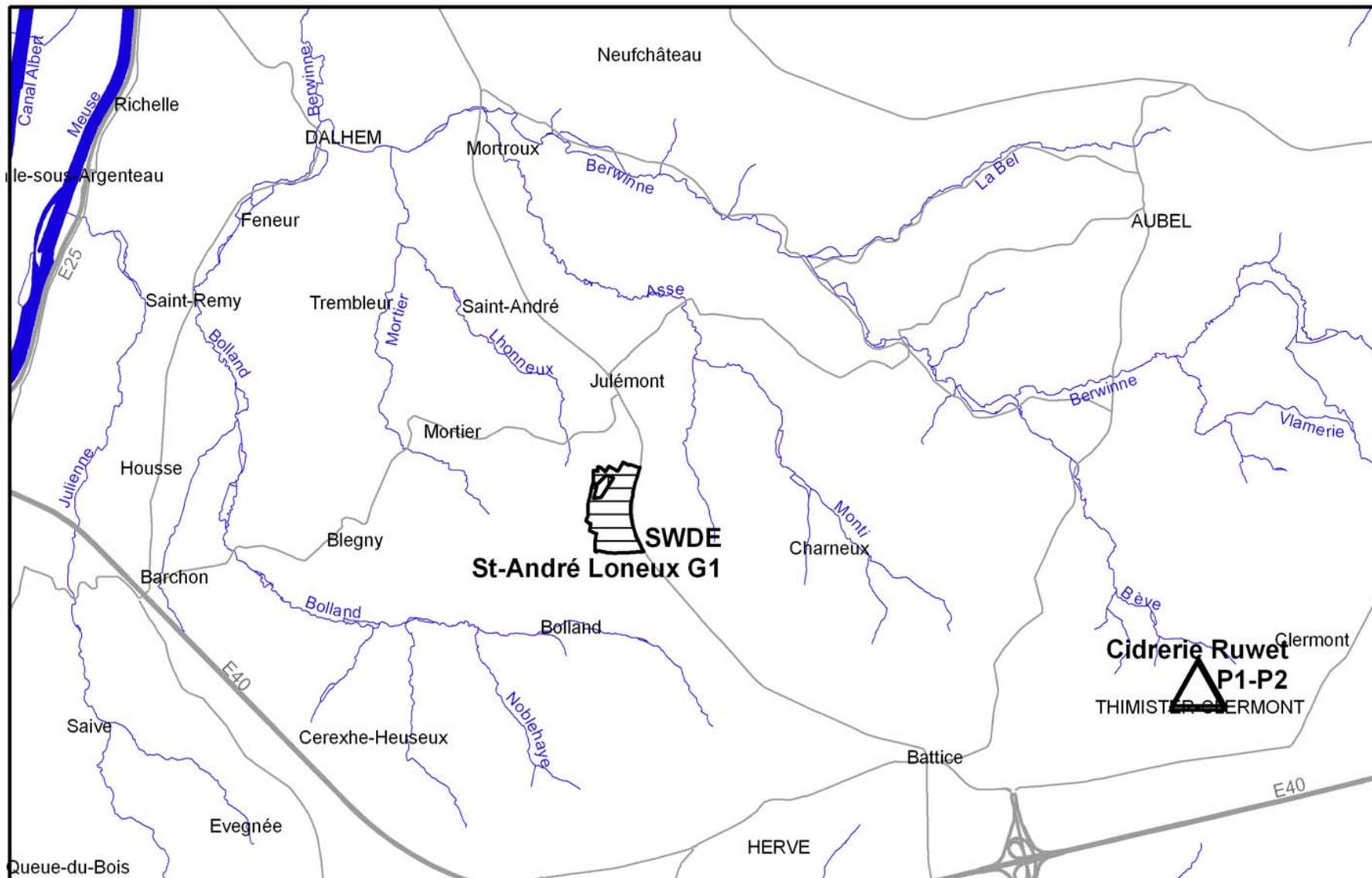
En l'absence de données, il conviendra de se référer provisoirement aux distances fixes définies dans la législation, soit :

- 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 longitudinal dans le cas d'une galerie ;
- pour la zone IIb : une distance horizontale 1 000 mètres à partir du périmètre extérieur de la zone IIa

Remarquons que la détermination des zones 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 ;
- de l'hétérogénéité des formations ;
- d'axes d'écoulement préférentiel et de phénomènes karstiques.

Figure VIII.1: Zones de prévention de la carte Dalhem-Herve



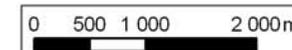
Zone de prévention à définir



Zone de prévention rapprochée (IIa) arrêtée



Zone de prévention éloignée (IIb) arrêtée



IX. PRESENTATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

La carte hydrogéologique se compose :

- d'une carte hydrogéologique (1/25 000) donnant des informations sur les différentes unités hydrogéologiques, l'allure de la nappe, la localisation des prises d'eau, ... ;
- d'une carte (1/50 000) de localisation des captages avec les volumes exploités pour une année donnée et les nappes exploitées ;
- d'une carte (1/50 000) localisant :
 - les sites où sont disponibles des données hydrochimiques et au droit desquels divers tests (essais de pompage, traçages, diagraphies, ...) ont été réalisés ;
 - les sites investigués par prospections géophysiques ;
 - la zone soumise à des contraintes environnementales particulières (nitrates).
- d'une carte (1/50 000) donnant des informations sur l'épaisseur des aquifères du Crétacé, lorsque l'information est disponible;
- d'une coupe géologique et d'une coupe hydrogéologique (exagération des hauteurs);
- d'un tableau lithostratigraphique.

IX.1 Carte hydrogéologique

La carte principale au 1/25 000 comprend plusieurs couches d'informations :

1. le fond topographique de la carte IGN 1/10 000 (en noir);
2. le réseau hydrographique (en bleu);
3. la carte hydrogéologique de Dalhem-Herve établie d'après la carte géologique dressée par Barchy et Marion (2000). Cette carte a été fournie par le Ministère de la Région Wallonne (DGRNE);
4. les failles;
5. la localisation des points d'eau comptant:
 - des drains et galeries captants toujours en exploitation;
 - des puits des sociétés de distribution d'eau;
 - des puits privés exploités et déclarés à la Région wallonne;
 - des piézomètres, ces derniers étant considérés comme tout point d'accès non exploité (forage de petit diamètre, puits non équipés, puits traditionnels);
 - les sources exploitées.
6. la localisation des stations de démergement;
7. la localisation des stations climatiques;
8. la localisation des stations limnimétriques;
9. la localisation des pertes karstiques reconnues;
10. les isopièzes (en rouge) ; la carte piézométrique représente l'allure de la nappe observée en 1986;
11. à défaut de carte piézométrique, des valeurs de niveau de la nappe, avec la date de la mesure;
12. les zones de prévention arrêtées par le Gouvernement wallon;
13. les zones de prévention à définir autour des captages de distribution d'eau publique;
14. la localisation de la coupe.

IX.2 Cartes thématiques

IX.2.1 Volumes prélevés

Cette carte, au 1/50.000, est basée sur les informations extraites de la banque de données de la Région Wallonne "dix-sous" (DGRNE). Les volumes représentés sont les volumes déclarés par les titulaires à la Région wallonne. Les volumes destinés à la distribution publique d'eau sont ceux de l'année 2005, Pour les autres volumes (industries, agriculteurs, particuliers), il s'agit de l'année 2003 et pour les volumes démergés, de l'année 2003. Ces années ont été choisies pour leur représentativité.

L'exploitation d'une prise d'eau souterraine n'est pas constante pour plusieurs raisons. D'abord pour répondre à des besoins hydriques variables selon la pluviométrie, l'activité économique ou autre. Mais aussi, à cause de contraintes techniques liées à l'ouvrage ou de contraintes qualitatives et/ou quantitatives liées à la nappe. La présentation des volumes moyens prélevés correspondant aux cinq dernières années encodées par l'administration illustre de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la carte étudiée (2001-2005). Ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni de l'exploitation réelle des nappes. Elles reflètent simplement de manière indicative l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées. Il se peut que pendant ces années, certains ouvrages n'aient pas été en exploitation continue (année sans prélèvement).

Cette carte situe également l'ensemble des ouvrages recensés en les différenciant selon l'unité hydrogéologique recoupée. Pour plusieurs ouvrages, il n'a pas été possible de déterminer dans quelle formation géologique ils ont été implantés ne disposant pas d'information sur le log géologique ou/et la profondeur du puits..

IX.2.2 Caractérisation du type des nappes et informations complémentaires

Cette carte localise les différents sites au droit desquels des données quantitatives ou qualitatives sont disponibles (analyses chimiques, diagraphies, essais de pompage, essais de traçage).

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 caractérisée. Sur la carte Dalhem-Herve, les nappes logées dans les alluvions (anciennes ou modernes) et dans les horizons schisto-gréseux du Houiller sont souvent caractérisées comme semi-captives. En effet, localement, sous les limons fluviatiles, la nappe alluviale peut être captive. Dans les terrains du Houiller, la nappe peut se retrouver en charge sous les couches plus argileuses (shales, "phtanites") et sous certaines alluvions. Les autres unités hydrogéologiques sont considérées comme des nappes libres. Il faut cependant nuancer cette caractéristique pour l'aquifère des sables du Santonien (Sables d'Aachen) qui peut être localement captif sous la Formation de Vaals (nettement argileuse vers l'ouest). Vers l'est, l'aquifère du Crétacé indifférencié est considéré comme libre.

Les zones de prospections géophysiques sont également localisées, il s'agit de :

- Site de la décharge 'Merkhof' (LGIH-AUB/2001-01) : 2 sondages électriques, 5 sondages sismiques
- Plaine alluviale en aval de Liège entre la Meuse et le Canal Albert (LGIH-MTP/871): sondages sismiques et sondages électriques
- Site de Clermont (LGIH-EXP/991) : 3 sondages électriques
- Site de Sart (contrat CILE-RW, Huygens, 1986) : 5 sondages électriques
- Site des 3 cheminées (contrat CILE-RW, Huygens, 1986) : 4 sondages électriques

- Site de Stroevenbos (contrat CILE-RW, Huygens, 1986) : 1 sondage électrique
- Site de Merkhof (contrat CILE-RW, Huygens, 1986) : 3 sondages électriques
- Site de Thimister-Clermont (contrat CILE-RW, Huygens, 1986) : 10 sondages électriques
- Site de Clermont-Nord (contrat CILE-RW, Huygens, 1986) : 3 sondages électriques
- Site de Herve (contrat CILE-RW, Huygens, 1986) : 3 sondages électriques
- Site de Fiberglass (contrat CILE-RW, Huygens, 1986) : 4 sondages électriques

Le territoire du Pays de Herve a été désigné comme zone vulnérable aux nitrates (AGW 26/02/2006). Cette désignation implique l'application d'un programme d'action précis dont les mesures ont été arrêtées dans le code de « bonne pratique agricole ». Cette zone occupe 20 000 hectares sur la planche Dalhem-Herve.

IX.2.3 Carte des isohypses de l'aquifère logé dans les formations du Crétacé

L'aquifère principal, localisé au sein des terrains du Crétacé, est limité à sa base par le socle paléozoïque. Sur cette carte thématique, sont tracées les isohypses du toit du socle (base du Crétacé). Le sommet des formations paléozoïques présente une légère inclinaison vers le NNW, ce qui explique le pendage des dépôts crétacés surincombants.

Les isohypses du toit de la Formation de Vaals permettent de déduire la base des Formations crayeuses sus-jacentes (Gulpen). Ces courbes donnent aussi une indication sur l'épaisseur cumulée des Formations de Vaals et d'Aachen, qu'il faut cependant utiliser avec prudence, les sables d'Aachen étant absents dans la partie occidentale de la planche. Pour plus de clarté, les limites entre les Formations de Vaals et de Gulpen, et celles de l'extension du Crétacé sont indiquées.

Il faut néanmoins utiliser ces données avec circonspection et recourir à des investigations complémentaires sur le terrain, en cas de nécessité. Ces informations sont issues du rapport sur les ressources en eau du Pays de Herve (Huygens, 1986).

IX.3 Coupes géologique et hydrogéologique

La coupe est orientée NW-SE et elle recoupe les formations géologiques du Crétacé ainsi que celles du Houiller (dépression d'Aubel). Deux coupes ont été dressées, sur le même axe mais avec une échelle des hauteurs différente. L'échelle horizontale des coupes est au 1/25.000, l'échelle verticale est de 1/25.000 pour la coupe géologique et de 1/2500 pour la coupe hydrogéologique. Ce facteur d'exagération des hauteurs (X10) permet une meilleure visibilité des niveaux piézométriques, reportés sur cette coupe.

La coupe géologique permet de mieux saisir le contexte géologique de la région. Elle montre, en effet, que la couverture du Mésozoïque a un pendage faiblement incliné vers le nord-ouest, que les sables d'Aachen sont absents vers le nord-ouest et que les craies de Gulpen ont été érodées sur les hauteurs de Thimister-Clermont.

D'un point de vue hydrogéologique, sur le tracé de la coupe, les niveaux piézométriques mesurés montrent un système hydrogéologique continu (aquifère du Crétacé indifférencié). La Formation de Vaals, moins argileuse ici, ne peut être considérée comme aquiclude (comme c'est le cas plus vers l'ouest). Sur la coupe, vers le nord-ouest, on peut la considérer comme aquitard, alors qu'elle sera définie en tant qu'aquifère vers le sud-est. La coupe hydrogéologique met aussi en évidence le caractère peu perméable des terrains du Houiller. En effet, au contact Houiller-Crétacé, on observe souvent un ligne de sources et des suintements.

IX.4 Tableau lithostratigraphique

Le tableau lithostratigraphique reprend la liste des différentes formations rencontrées au droit de la carte de Dalhem-Herve, avec la nouvelle nomenclature géologique.

La lithologie des formations est également décrite ; leur caractéristique hydrogéologique est définie en termes d' (Elsevier, 1990; UNESCO, 1992):

- aquifère : formation perméable contenant de l'eau en quantités exploitables
- 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
- aquitard: formation semi-perméable permettant le transit de flux à très faible vitesse et rendant la couche sous jacente semi-captive.

Remarquons que ces notions restent très relatives et doivent s'adapter au contexte hydrogéologique.

X. METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

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

X.1 Origine des informations

X.1.1 Données géologiques

Les données géologiques proviennent essentiellement de la nouvelle carte géologique de la région, dressée par Barchy et Marion, éditée en 2000. Des descriptions de forages sont également disponibles auprès du Service Géologique de Belgique et des sociétés de distribution d'eau.

Quelques données concernant les calcaires carbonifères et dévoniens sont disponibles dans l'atlas du karst.

La carte des isohypses du Crétacé (voir carte thématique) est tirée du rapport sur les ressources en eau du Pays de Herve (Huygens, 1986).

Les coupes géologique et hydrogéologique sont basées sur l'ensemble de ces informations.

X.1.2 Données météorologiques et hydrologiques

Des données de précipitations et températures sont disponibles à l'IRM pour les stations de Thimister L1 (précipitations depuis 01/1951 et températures depuis 12/1953), d'Evegnée L6 (Soumagne) (précipitations depuis 01/1951) et d'Aubel L51 (précipitations depuis 01/1951 et températures depuis 01/2002).

Sur la carte de Dalhem-Herve, la Direction des Cours d'Eau Non Navigables possède deux stations limnimétriques (capteur de pression avec télétransmission, relevé horaire), sur la Berwinne (L6390) et sur le Bolland (L6770). Le SETHY a une station de jaugeage à Visé sur la Meuse (n°5451). Dans le cadre de l'étude des ressources en eau du Pays de Herve, plusieurs déversoirs temporaires ont été installés sur les rivières principales de la zone et leurs affluents (pour plus de détails se référer à l'étude d'Huygens, 1986).

X.1.3 Données hydrogéologiques

X.1.3.1 Localisation des ouvrages

Dans la banque de données, 385 ouvrages ont été introduits (366 existent toujours dont 270 puits, 43 piézomètres, 4 puits sur galeries, 9 drains, 39 sources). Ils sont répertoriés comme prise d'eau ou point d'accès à la nappe.

La localisation et le tracé des galeries et drains nous ont été fournis par la SWDE. Seuls les ouvrages toujours en activité sont vectorisés et intégrés au projet. Sur cette carte, cela concerne la galerie 'St-André-Loneux'.

En outre, 2 pertes sont observées sur la planche étudiée.

Ces données proviennent de sociétés de distribution d'eau, d'industriels, de divers rapports techniques (voir liste bibliographique), de particuliers et de la banque de données de la Région Wallonne et sont complétées par des investigations sur le terrain.

Concernant les 39 sources répertoriées, qu'elles soient exploitées ou non, des données hydrochimiques ou hydrologiques sont disponibles.

X.1.3.2 Données piézométriques

Plus de 6500 valeurs piézométriques sont disponibles au droit de 133 puits et piézomètres de la carte de Dalhem-Herve. Ces relevés proviennent principalement de la DGRNE – Eaux souterraines (relevé mensuel depuis 2001), des sociétés de distribution d'eau, de l'ISSEP (qui a équipé certains piézomètres de sonde avec mesure horaire et journalière), de diverses études et de campagnes sur le terrain. Les premières mesures encodées dans la banque de données datent de 1982.

La carte piézométrique du Crétacé est celle dressée par Huygens en 1986, basée sur un jeu de données conséquent. Plus de 300 puits ont été relevés. Dans le cadre de la réalisation de la carte hydrogéologique de Dalhem-Herve, une campagne de mesures piézométriques a été réalisée, de janvier 2003 à mars 2003. Beaucoup de puits étaient inaccessibles. Il s'est avéré in fine que le relevé d'Huygens était plus complet. Depuis la première édition de la carte hydrogéologique (mai 2003), le niveau d'eau de certains puits et piézomètres est relevé régulièrement ou plus sporadiquement lors d'études locales. Ces données sont intégrées à la carte hydrogéologique (tant sur la carte principale au 1/25.000 que dans la notice). Des informations détaillées sur la piézométrie de cette carte est présentée au chapitre IV.2 consacré à l'hydrogéologie de la carte.

Quelques relevés piézométriques sont aussi disponibles au droit des ouvrages forés dans les autres formations aquifères présentes sur la planche (nappe alluviale de la Meuse, terrains houillers) et sont également intégrés dans la base de données hydrogéologiques.

X.1.4 Données hydrochimiques

Les données hydrochimiques ont été fournies par le service des eaux souterraines (DGRNE) de la Région wallonne, par quelques industriels et par divers rapports des LGIH.

Ce jeu de données a été complété par des informations fournies par les compagnies d'eau possédant des captages dans la zone étudiée (SWDE).

Des données hydrochimiques disponibles au droit de 79 sites (puits, piézomètres, sources...) ont été encodées dans la base de données hydrogéologiques (7705 paramètres chimiques analysés). Ces analyses caractérisent l'aquifère alluvial de la Meuse et la nappe des terrains du Crétacé.

X.2 *Base de données hydrogéologiques*

L'ensemble des données collectées est encodé dans la base de données géorelationnelle, BD-Hydro (convention RW-ULg, 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.

XI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

• Publications

- Atlas du Karst Wallon, 1996, *Inventaire cartographique et descriptif des sites karstiques et rivières souterraines de Wallonie*. DGRNE (Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement) – CWEPS (Commission Wallonne d'Etude et de Protection des Sites Souterrains asbl).
- Barchy L. et Marion J-M., 2000, *Carte géologique de Dalhem-Herve et notice explicative 42/3-4*, Ministère de la Région Wallonne, DGRNE, Namur.
- Boulvain, F. (ULg) & PINGOT, J-L. (UCL), 2007, *Une introduction à la géologie de la Wallonie*. Cours en ligne, Université de Liège, Liège.
- Calembert L, Fagnoul A, Stassen P, Bonnechère F, Monjoie E A et Van Duyse H, 1974, *La géologie de l'ingénieur appliquée à l'étude du site d'un métro dans le bed-rock houiller à Liège*, Colloque du Centenaire de la Société Géologique de Belgique, 163-192.
- Dassargues A. et Lox A., 1991, *Modélisation mathématique de la nappe alluviale de la Meuse en aval de Liège (Belgique)*, in "Le système hydrologique de la région frontalière Liège-Maasbracht, résultats des recherches 1985-1990", Rapport et notes n° 26, CHO-TNO, Delft, pp. 27-55.
- *Elevier's Dictionary of Environmental Hydrogeology*, 1990, Elsevier.
- Monoie A. et Polo-Chiapolini Cl., 1973, *Influence des travaux miniers sur les caractéristiques hydrogéologiques et géomécaniques des massifs rocheux*, Extrait des Annales des Mines de Belgique, 9^e livraison.
- Monjoie, A., 2000, *Le cycle de l'eau et les modifications de l'écoulement en surface et en profondeur suite aux travaux miniers*, Bull. Soc. Royale des Sciences de Liège, 69(5): 247-264
- Poty E, 1982, *Paléokarsts et brèches d'effondrement dans le Frasnien moyen des environs de Visé. Leur influence dans la paléographie dinantienne*. Ann.Soc.Géol.Belg., 105,315-337.
- Poty E, 1991, *Tectonique de blocs dans le prolongement oriental du Massif du Brabant*, Ann.Soc.Géol.Belg., 114, 265-275.
- Poty E, 1997, *Devonian and Carboniferous tectonics in the eastern and southeastern parts of the Brabant Massif (Belgium)*. Belgium Symposium on structural geology and tectonics. Aardk.Meded.,8, 143-144.
- UNESCO-OMM, 1992, *Glossaire International d'Hydrologie*, seconde édition, 413p.
- Younger, P.L., S.A.Banwart, et al, 2002, *Mine Water: Hydrology, Pollution, Remediation*, Kluwer Academic Publishers

• Doctorat et travaux de fin d'études

- Brouyère S, 2001, *Etude et modélisation du transport et du piégeage des solutés en milieu souterrain variablement saturé*, Thèse de doctorat, LGIH, Fac. Sciences Appliquées, Université de Liège.,572 pp + annexes, non publiée
- De Tiège Cl, 1981, *Contribution à l'étude hydrogéologique du Plateau de Herve*, Travail de fin d'études, LGIH, Fac. Sciences Appliquées, Université de Liège., 189 pp, non publiée
- Gogu R.C., 2000, *Advances in groundwater protection strategy using vulnerability mapping and hydrogeological GIS databases*, Thèse de doctorat, LGIH, Fac. Sciences Appliquées, Université de Liège., non publiée

- **Rapports techniques**

- Berger, J-L., Dingelstadt, Cl., Drevet, J-P., Veschkens, M., 2003, *Etude sur la remontée des niveaux piézométriques dans les massifs affectés par les travaux houillers et sur l'identification de leurs impacts directs et indirects, en particulier sur le démergement*, rapport final, 52 pp, 7 annexes, ISSeP
- Dingelstadt, Cl. Et Drevet, J-P., 2007, *Etude des conséquences de l'après-mine, en particulier sur la gestion des eaux souterraines et des risques*, rapport final, 67 pp, ISSeP
- Etude d'incidences sur l'environnement, 1997, *Abattoir bovin de la commune d'Aubel*, Centre Environnement de l'Université de Liège
- Gardin, N., Brouyère, S. et Dassargues, A., 2005, *Modélisation de la remontée des niveaux piézométriques dans les massifs affectés par des travaux miniers dans l'ancien bassin charbonnier de Liège, Site pilote de Cheratte*, rapport final, 89 pp + annexes
- Huygens, Ch., 1986, *Etude des ressources en eau du Pays de Herve*, Contrat CILE-RW, 385pp + cartes en annexe
- Interreg II, 2000, *Qualité de l'eau souterraine dans les aquifères des provinces Limbourg belge, Limbourg néerlandais et Liège*. Equipes : LGIH (Liège), LISEC (Genk) et TNO-NTIG (Delft et Heerlen)
- LGIH-MTP/871, 1987, *Etude hydrogéologique de la nappe alluviale en aval de Liège et des écoulements souterrains en provenance du Canal Albert et des canaux de Campine*, Ministère des Travaux Publics, Voies hydrauliques
- LGIH-MTP/901, 1990, *Modélisation mathématique des écoulements souterrains de la nappe alluviale de la Meuse entre Monsin et Lanaye ainsi que les interactions entre le Canal Albert et la Meuse*, Ministère des Travaux Publics, Voies hydrauliques
- LGIH-EXP/991, 1999, *Expertise judiciaire – sprl Auguste Dupont contre Aldenhoff François : étude hydrogéologique*
- LGIH-AUB/2000-01, 2000, *Décharge publique au lieu-dit « Merkhof »-Etude du plan de réhabilitation : Géologie et Hydrogéologie*
- 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*, Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Convention RW-ULg-Hydrogéologie

ANNEXE 1

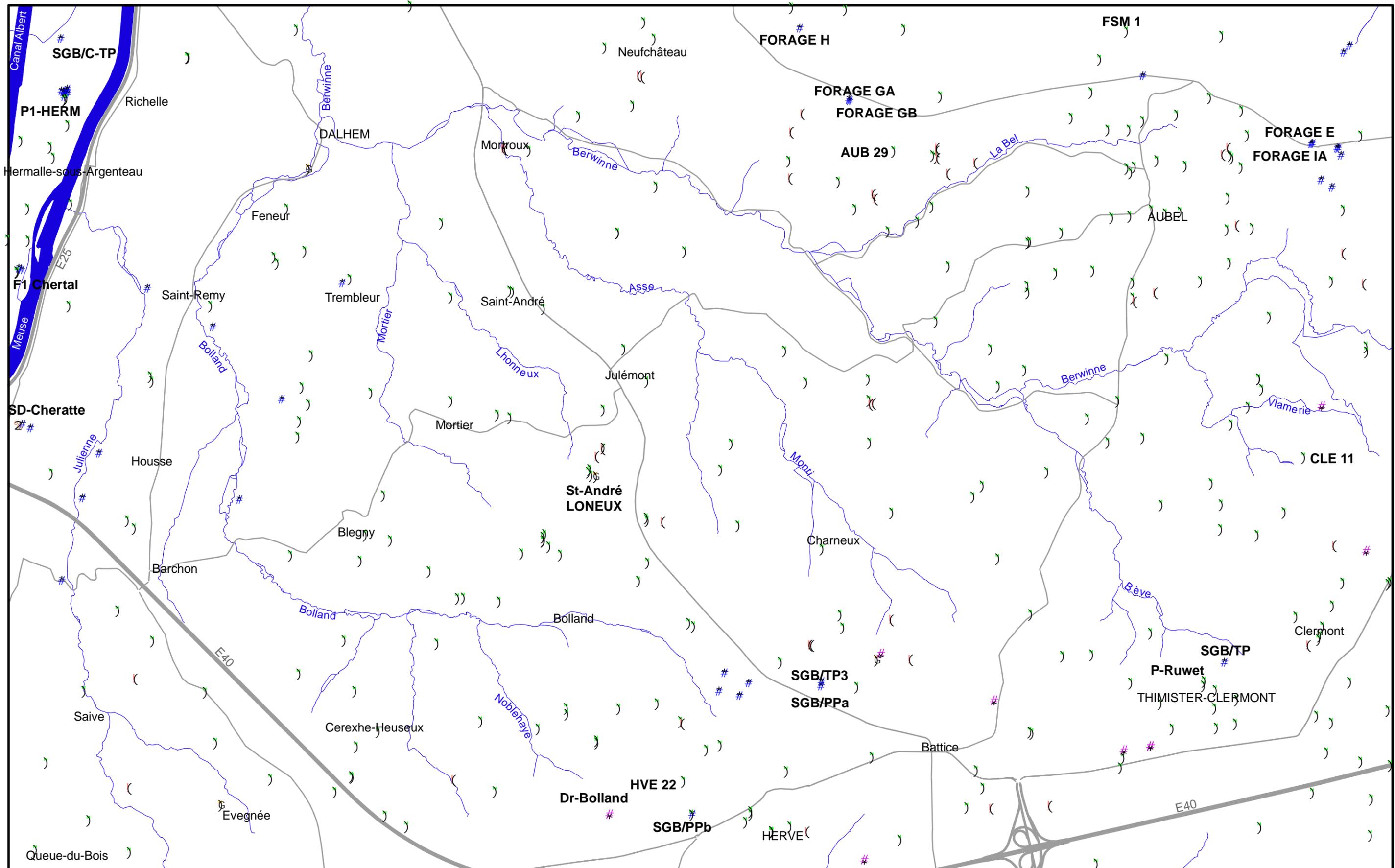
Liste des abréviations

- **A.I.D.E.** : Association Intercommunale pour le Démergement et l'Épuration des communes de la Province de Liège.
Rue de la Digue, 25 à 4420 SAINT-NICOLAS (Liège)
- **C.I.L.E.** : Compagnie Intercommunale Liégeoise des Eaux
Rue du Canal de l'Ourthe, 8 à 4031 LIEGE (Angleur)
- **D.G.R.N.E.** Ministère de la Région Wallonne
Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement
Service des Eaux Souterraines
Avenue Prince de Liège, 15 à 5100 JAMBES
ESO-Liège: Centre Extérieur de Liège
Montagne Ste Walburge, 2 à 4000 LIEGE
- **I.R.M.**: Institut Royal Météorologique, Section Climatologie.
Avenue Circulaire, 3 à 1180 BRUXELLES
- **I.S.Se.P**: Institut Scientifique de Service Public
Rue du Chéra, 200 à 4000 LIEGE
- **L.G.I.H.** : Laboratoires de Géologie de l'Ingénieur, d'Hydrogéologie et de Prospection Géophysique, Université de Liège
suite à la succession de Professeur A.Monjoie, les activités sont poursuivies au sein du Département ArGEnCo (secteur GEO³) de l'ULg, Bâtiment B52/3-Sart-Tilman à 4000 LIEGE
- **S.W.D.E.** : Société Wallonne des Eaux
Rue de la Concorde, 41 à 4800 VERVIERS

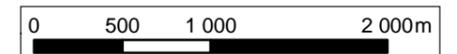
ANNEXE 2

Carte de localisation

Carte de localisation



- | | | | | | |
|---|-------------------------------|---|-------------|---|---------------------------|
| # | Piézomètre |) | Autre puits | (| Source (exploitée ou non) |
| ⊕ | Puits sur galerie par gravité | # | Drain | 2 | Station de démergement |

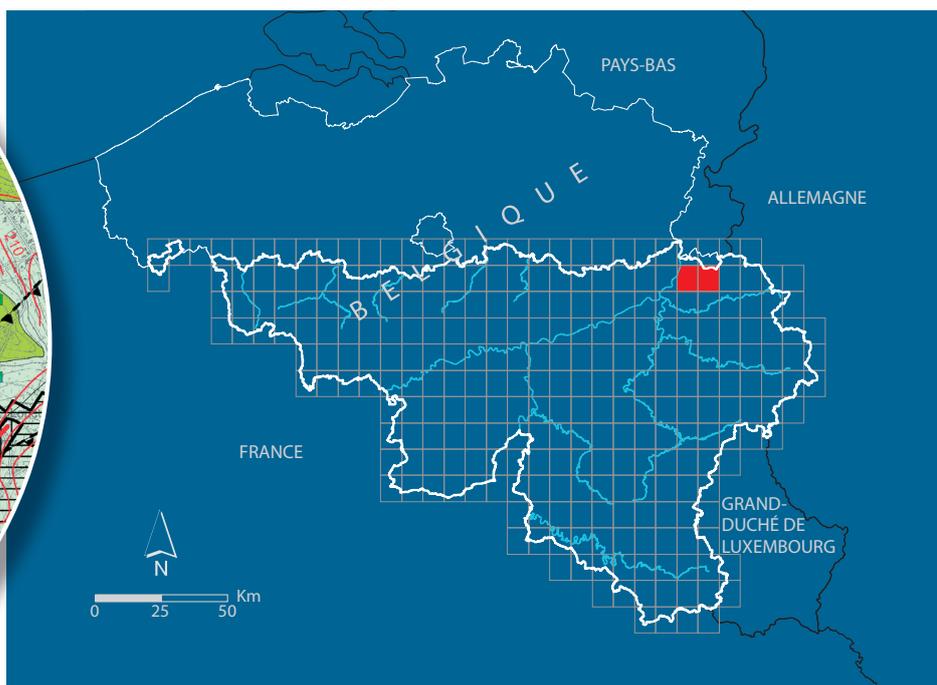
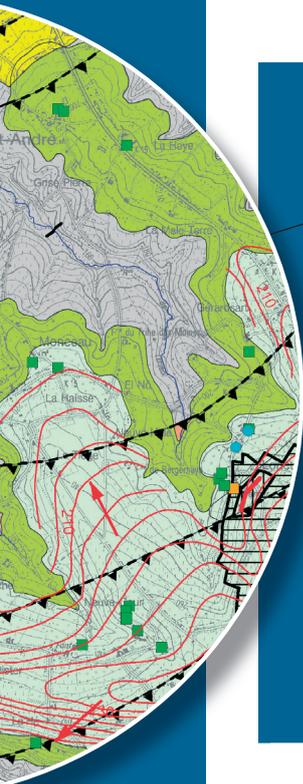


ANNEXE 3

Coordonnées géographiques des ouvrages cités dans la notice

<u>Nom</u>	<u>Code RW</u>	<u>X(m)</u>	<u>Y(m)</u>	<u>Z(m)</u>	<u>Type</u>	<u>Prof.(m)</u>
DR-Bolland (SWDE)	42/3/9/001	248962	148837		Drain	
St-André – Loneux (SWDE)	42/3/6/001	248812	152724		Galerie	
Cheratte (AIDE)		242126	153309		Démérgement	
P1-Ruwet	42/4/9/001	255840	150310		Puits foré	
P2-Ruwet	42/4/9/001	255850	150360		Puits foré	100
HVE.22	42/3/9/003	249830	149200	300	Puits traditionnel	21.1
FSM1		254950	157875	272	Puits traditionnel	59
CLE.11	42/4/6/002	257000	152950	251	Puits traditionnel	13.71
AUB.29	42/4/1/001	252260	156490	255	Puits traditionnel	45.7
P1 privé (Issep)	42/3/2/018	245240.4	155825.5	123.42	Puits foré	49.5
P2 privé Issep)	42/3/2/021	245095	155266	154.15	Puits foré	126
P3 privé (Issep)	42/3/2/019	245972.9	155008.6	161.53	Puits foré	69
P4 privé (Issep)	42/3/5/015	246215	153694.3	158.24	Puits foré	41
P5 privé (Issep)	42/3/4/014	243683	153828	155.24	Puits foré	145.5
P8 privé (Issep) -		244363.2	154700.8	122.25	Puits foré	56
P9 privé (Issep)	42/3/5/025	245371.3	153186.6	172.72	Puits foré	162
P10 privé (Issep)	42/3/7/004	243289.5	151174.5	187.85	Puits foré	40
P11 privé (Issep)	42/3/5/017	245453.1	155332.4	144.99	Puits foré	65
Pz1 Issep	42/3/4/005	243061	152984	112.74	Puits foré	61.6
Pz2 Issep	42/3/4/006	242632	151516	138.61	Puits foré	85
Pz3 Issep	42/3/1/008	243621	154891	89.74	Puits foré	37
Pz4 Issep	42/3/4/007	244377	154447	120.08	Puits foré	66
Pz5 Issep	42/3/5/019	244687	152450	142.105	Puits foré	79
Pz6 Issep	42/3/4/008	242269	153275	120.015	Puits foré	65
Pz7 Issep	42/3/5/020	245173	153609	155	Puits foré	110

Pz8 Issep	42/3/4/009	242868	152466	135	Puits foré	95
Pz9 Issep	42/3/4/010	242176	153323	80	Puits foré	40
SGB-C/T.P.	42/3/1/004	242618	157780	65.62	Puits foré	
SGB/T.P.	42/4/9/003	256072	150570	260	Puits foré	
SGB-P.P.a	42/4/7/005	251409	150294	311.07	Puits foré	
SGB-P.P.b	42/3/9/004	249920	148813	300	Puits foré	
SGB-T.P.3	42/4/7/006	251414	150344	309.64	Puits foré	
P1-HERM		242671.4	157150.1	+ 60	Puits foré	11.8
FORAGE E	42/4/3003	257077	156563	285.96	Puits foré	49
FORAGE GA	42/4/1/003	251732	157076	247.66	Puits foré	49
FORAGE GB	42/4/1/002	251742	157059	247.41	Puits foré	63
FORAGE H	42/4/1/004	251162	157900	231.94	Puits foré	68
FORAGE IA	42/4/3/001	257091	156569	286.37	Puits foré	50
F1-CHERT		242165	155110	+ 60	Puits foré	



Dépôt légal : D/2008/12.796/1 – ISBN : 978-2-8056-0058-6

Editeur responsable : Claude DELBEUCK, D GARNE,

15, Avenue Prince de Liège – 5100 Jambes (Namur) Belgique