

## CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE WALLONIE

Echelle : 1/25 000



Photos couverture © SPW-DGARNE(DGO 3)

Fontaine de l'ours à Andenne

Forage exploité

Argillère de Celles à Houyet

Puits et sonde de mesure de niveau piézométrique

Emergence (source)

Essai de traçage au Chantoir de Rostenne à Dinant

Galerie de Hesbaye

Extrait de la carte hydrogéologique de Seraing – Chênée



# SERAING – CHENEE

## 42/5-6

Ingrid **RUTHY**, Thibault **WILLEMS**, Alain **DASSARGUES**

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



**NOTICE EXPLICATIVE**

2016

Première édition : Août 2005  
Actualisation partielle : Décembre 2015

Dépôt légal – **D/2016/12.796/1** - ISBN : **978-2-8056-0215-3**

**SERVICE PUBLIC DE WALLONIE**

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

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

## Table des matières

<b>AVANT-PROPOS</b> .....	<b>3</b>
<b>I. INTRODUCTION</b> .....	<b>4</b>
<b>II. CADRES GEOGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE, HYDROGRAPHIQUE ET PEDOLOGIQUE</b> .....	<b>5</b>
<b>III. CADRE GEOLOGIQUE</b> .....	<b>12</b>
<b>III.1. CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL</b> .....	<b>12</b>
<b>III.2. CADRE GEOLOGIQUE DE LA CARTE</b> .....	<b>13</b>
III.2.1. Cadre litho-stratigraphique.....	14
III.2.1.1. Formations du Paléozoïque .....	14
III.2.1.2. Formations du Mésozoïque .....	20
III.2.1.3. Formations du Cénozoïque.....	20
III.2.2. Cadre structural .....	21
<b>III.3. APPORTS DES NOUVELLES ETUDES GEOLOGIQUES</b> .....	<b>24</b>
III.3.1. Zone du Sart-Tilman .....	24
III.3.2. Zone entre Chênée et Beaufays .....	28
<b>IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE</b> .....	<b>29</b>
<b>IV.1. DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES</b> .....	<b>30</b>
IV.1.1. Unités hydrogéologiques du Dévonien .....	30
IV.1.1.1. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur .....	30
IV.1.1.2. Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur .....	31
IV.1.1.3. Aquitard de l'Eifelien .....	31
IV.1.1.4. Aquifère des calcaires du Frasnien .....	31
IV.1.1.5. Aquiclude du Frasnien.....	31
IV.1.1.6. Aquiclude du Famennien .....	32
IV.1.1.7. Aquitard du Famennien .....	32
IV.1.1.8. Aquifère des grès du Famennien .....	32
IV.1.2. Unités hydrogéologiques du Carbonifère .....	32
IV.1.2.1. Aquifère des calcaires du Carbonifère.....	32
IV.1.2.2. Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller .....	33
IV.1.3. Unités hydrogéologiques du Mésozoïque .....	34
IV.1.3.1. Aquiclude des marnes du Campanien .....	34
IV.1.3.2. Aquifère des craies du Crétacé.....	34
IV.1.4. Unités hydrogéologiques du Cénozoïque .....	34
IV.1.4.1. Aquifère des sables de l'Oligocène .....	34
IV.1.4.2. Aquitard limoneux .....	35
IV.1.4.3. Aquifère alluvial .....	35
IV.1.4.4. Nappe des remblais.....	35
<b>IV.2. DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE DE LA CARTE</b> .....	<b>38</b>
IV.2.1. Aquifère des calcaires du Frasnien .....	38
IV.2.2. Aquifères alluviaux .....	42
IV.2.3. Unités hydrogéologiques schisto-gréseuses du Dévonien moyen et inférieur.....	47
IV.2.4. Aquifère des sables oligocènes du plateau de Bonnelles – Sart-Tilman.....	50
IV.2.5. Aquifère des craies de Hesbaye .....	52

IV.2.6. Coupes hydrogéologiques .....	53
IV.2.7. Caractères des nappes .....	53
IV.2.8. Piézométrie de la carte Seraing-Chênée .....	53
<b>V. CADRE HYDROCHIMIQUE .....</b>	<b>55</b>
<b>V.1. CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX .....</b>	<b>58</b>
V.1.1. Aquifère des calcaires du Frasnien .....	58
V.1.2. Aquifères alluviaux .....	59
V.1.3. Unités hydrogéologiques schisto-gréseuses du Dévonien moyen et inférieur .....	62
V.1.4. Aquifère des craies de Hesbaye .....	63
<b>V.2. PROBLEMATIQUE DES NITRATES .....</b>	<b>64</b>
<b>V.3. QUALITE BACTERIOLOGIQUE .....</b>	<b>67</b>
<b>V.4. PESTICIDES.....</b>	<b>68</b>
<b>V.5. METAUX.....</b>	<b>71</b>
<b>VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES.....</b>	<b>73</b>
<b>VII. PARAMETRES D'ECOULEMENT ET DE TRANSPORT .....</b>	<b>81</b>
<b>VIII. ZONES DE PROTECTION .....</b>	<b>91</b>
VIII.1. CADRE LEGAL .....	91
VIII.2. ZONE DE SURVEILLANCE DES EAUX GEOTHERMALES DE CHAUDFONTAINE.....	93
<b>IX. METHODOLOGIE D'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE .....</b>	<b>94</b>
<b>IX.1. ORIGINE DES INFORMATIONS .....</b>	<b>94</b>
IX.1.1. Données géologiques et connexes .....	94
IX.1.2. Données météorologiques et hydrologiques .....	95
IX.1.3. Données hydrogéologiques.....	96
IX.1.3.1. Localisation des ouvrages .....	96
IX.1.3.2. Données piézométriques .....	96
IX.1.3.3. Données hydrochimiques et tests sur puits .....	97
IX.1.4. Autres données .....	97
<b>IX.2. BASE DE DONNEES HYDROGEOLOGIQUES .....</b>	<b>98</b>
<b>IX.3. POSTER DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE .....</b>	<b>98</b>
IX.3.1. Carte hydrogéologique principale .....	99
IX.3.2. Carte des informations complémentaires et du caractère des nappes .....	99
IX.3.3. Carte des volumes d'eau prélevés .....	100
IX.3.4. Tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie' .....	100
IX.3.5. Coupes hydrogéologiques .....	100
<b>X. BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>101</b>
<b>ANNEXE 1 : LISTE DES ABREVIATIONS DES INSTITUTIONS ET ORGANISMES.....</b>	<b>109</b>
<b>ANNEXE 2 : TABLES DES ILLUSTRATIONS .....</b>	<b>111</b>
<b>ANNEXE 3 : CARTE DE LOCALISATION .....</b>	<b>114</b>
<b>ANNEXE 4 : COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE .....</b>	<b>116</b>

## AVANT-PROPOS

La réalisation de la carte hydrogéologique Seraing-Chênée 42/5-6 s'inscrit dans le cadre du programme de cartographie des ressources en eau souterraine de Wallonie, commandé et financé par le Service Public de Wallonie (SPW), Direction Générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement (D GARNE-DGO3). Cette carte hydrogéologique a été réalisée par l'unité 'Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement' du secteur GEO<sup>3</sup> 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 version de cette carte date d'août 2005 (Ruthy et Dassargues, 2005). L'actualisation de cette carte a été effectuée en 2015 par Thibault Willems et Ingrid Ruthy. Elle prend en compte les données disponibles dans la base de données "BD-Hydro" (outil de travail commun aux équipes universitaires et à l'administration wallonne (D GARNE)). Ainsi les données concernées sont les zones de prévention, les volumes prélevés, les nouveaux ouvrages déclarés, des données piézométriques nouvelles encodées dans la base de données. Une collecte exhaustive de données complémentaires n'a pas été menée.

Collaborent au projet 'Carte hydrogéologique de Wallonie' l'Université de Mons (UMons), l'Université de Namur (UNamur) et l'Université de Liège (ULg) dont le site ULg-Arlon.

Les auteurs de la carte hydrogéologique remercient tous les bureaux d'études actifs dans le domaine de l'environnement qui ont fourni de nombreuses données, et plus particulièrement les bureaux SGS et G-TEC. Nous remercions également la CILE, la SPAQuE, l'A.I.D.E. et le SPW-DGO1/DGO3. Nous remercions aussi tous les particuliers et industries qui nous ont permis de visiter leur prise d'eau et d'y faire quelques mesures, lors de la première version de la carte hydrogéologique. Pour sa relecture attentive et constructive de la carte et de la notice, nous remercions Mohamed Bouezmarni, hydrogéologue à l'Université de Liège (Laboratoire des ressources hydriques, campus d'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 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 et deux coupes, géologique et hydrogéologique, ainsi qu'un tableau litho-stratigraphique sont présentés.

Les données utilisées pour la réalisation de la carte ont été encodées dans une base de données (GDB-ArcGIS-Esri) qui a été remise à la Direction des Eaux Souterraines (SPW, DGO3 D GARNE).

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

## I. INTRODUCTION

La région couverte par la carte Seraing-Chênée se positionne directement au sud de Liège (Figure I.1). Il s'agit d'une zone fortement urbanisée et industrialisée. Excepté la sortie de l'aqueduc de Hologne (un des exutoires des galeries de la CILE creusées dans les craies de Hesbaye), il n'y a pas d'ouvrage en activité des sociétés de distribution publique d'eau. Les nappes alluviales de la Meuse, de l'Ourthe et de la Vesdre sont localement exploitées par des activités industrielles. Les horizons aquifères du massif schisto-gréseux du Dévonien moyen et inférieur sont exploités localement par des particuliers.

Les eaux thermales de Chaudfontaine constituent une des particularités de cette carte. En effet, il s'agit d'une eau issue d'un aquifère profond aux propriétés minérales et géothermiques particulières. Cette ressource est utilisée pour les thermes et pour la mise en bouteilles.



Figure I.1 : Localisation de la carte Seraing-Chênée

## II. CADRES GEOGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE, HYDROGRAPHIQUE ET PEDOLOGIQUE

Trois ensembles paysagers<sup>1</sup> se distinguent sur la carte Seraing-Chênée (Figure II.1): l'Ensemble mosan (06), l'Ensemble du moyen plateau condrusien (08) et l'Ensemble de l'Entre-Vesdre-et-Meuse (04). L'agglomération liégeoise occupe le fond et les versants de la vallée de la Meuse, qui traverse la moitié nord-ouest de la carte, en s'étendant jusqu'aux bordures des plateaux hesbignon au nord et hervien à l'est. La moitié sud-est de la zone cartographiée est caractérisée par des paysages de plateaux occupés par un mélange de forêts et de prairies, entaillés par les vallées de l'Ourthe et de la Vesdre aux versants abrupts et boisés et aux fonds de vallées étroites. Cette région est marquée par la périurbanisation liégeoise (Droeven *et al.*, 2004).

L'exploitation minière et l'activité sidérurgique importantes en région liégeoise ont créé un paysage particulier constitué de nombreux terrils. Leur hauteur est généralement supérieure à 50 m, certains atteignent 90 m de haut. Aujourd'hui, plusieurs ont été arasés pour des questions de stabilité et le besoin d'espace pour l'urbanisation croissante. Quelques-uns ont été aménagés en espace vert.

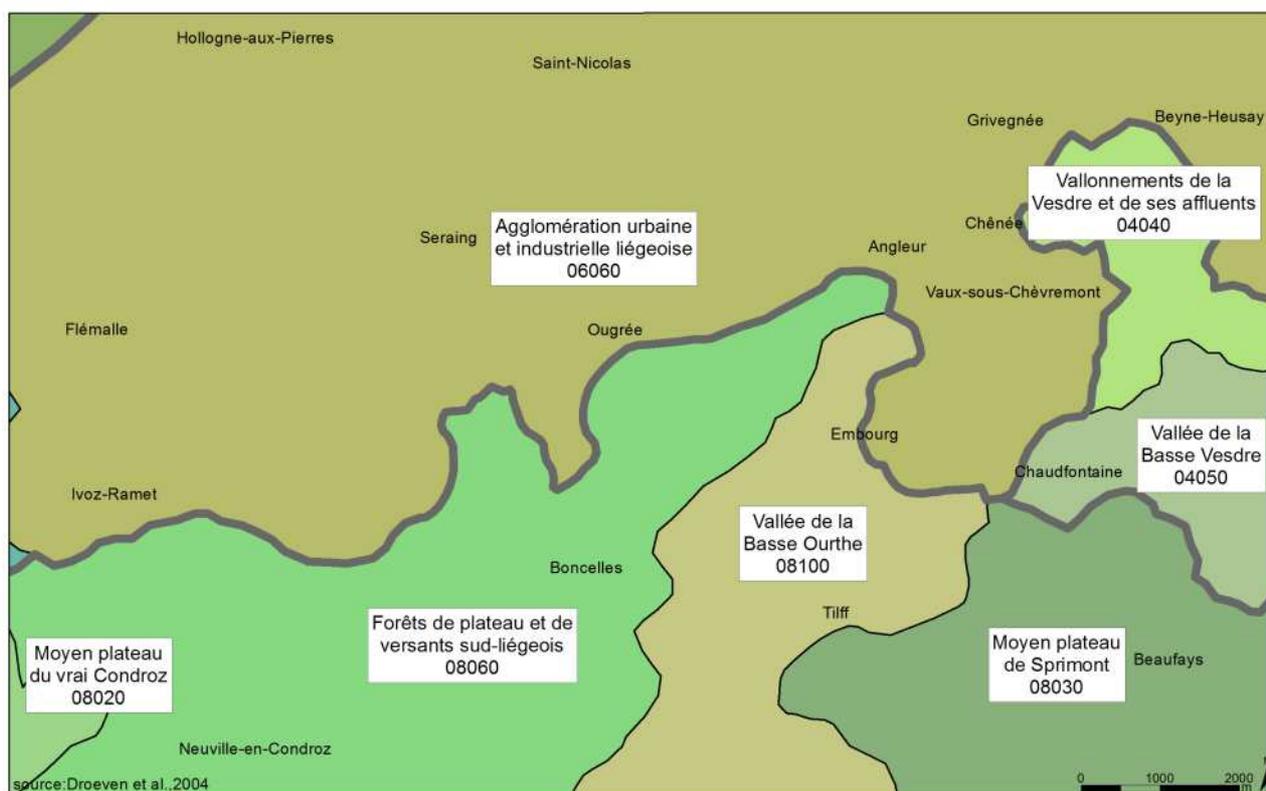


Figure II.1 : Territoires paysagers – Seraing-Chênée

<sup>1</sup>76 territoires paysagers regroupés en 13 ensembles sont distingués en Wallonie. Une carte de ces territoires paysagers, accompagnée d'une notice explicative, est disponible auprès du SPW. Les références complètes de cette publication sont données au chapitre X (Droeven *et al.*, 2004).

Le relief de la région de Seraing-Chênée est relativement contrasté (Figure II.2). Les plateaux du sud de la zone montrent des altitudes élevées supérieures à 250 m, tandis que les fonds de vallées ont une altitude comprise entre 60 et 80 m. Le point culminant de la carte est situé à son extrémité sud-est, à environ 300 m, tandis que son point bas est localisé à sa limite nord, au niveau de la Meuse, à une altitude de 62 m.

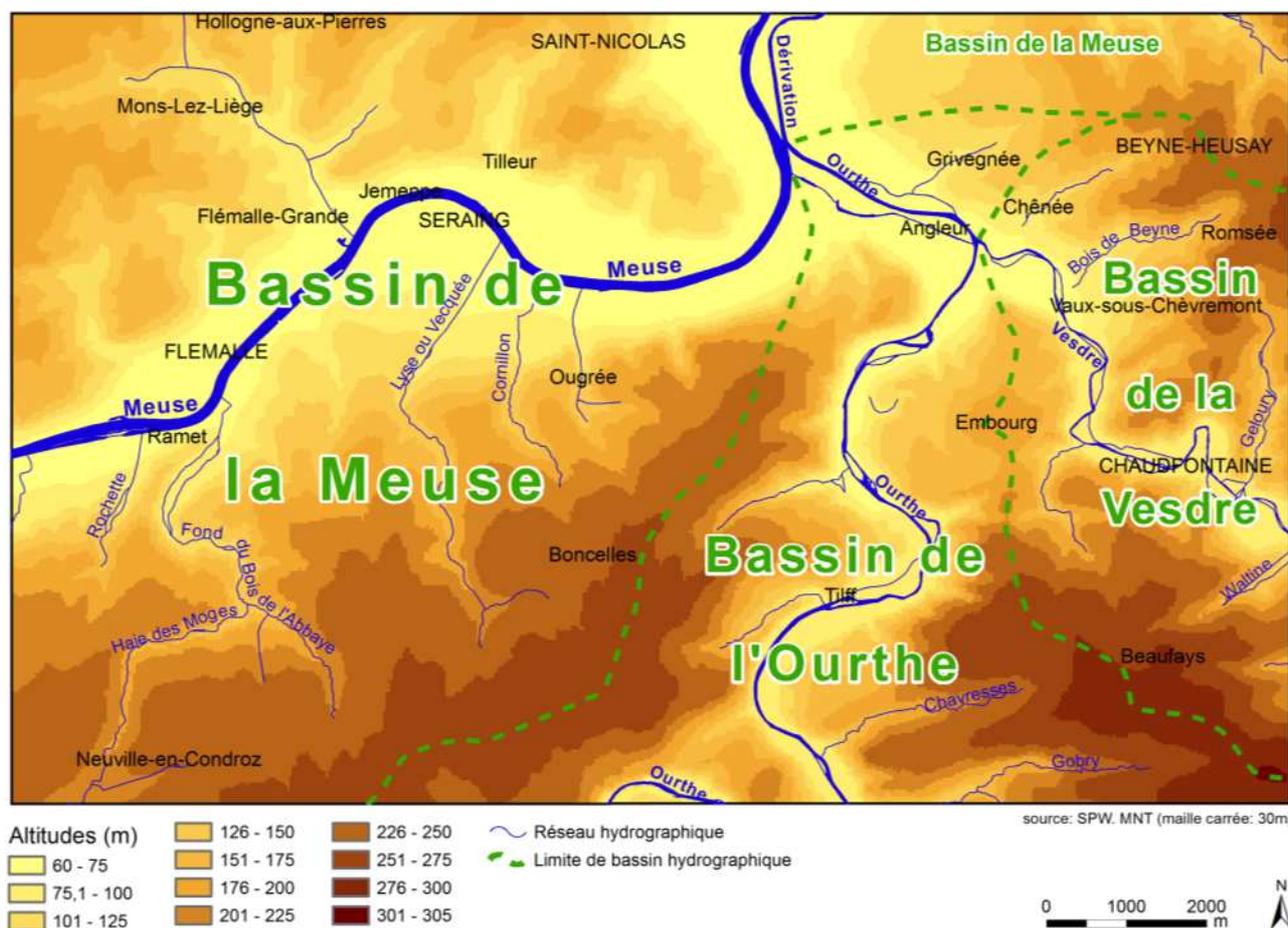


Figure II.2 : Relief et bassins-versants – Seraing-Chênée

Trois bassins hydrogéologiques majeurs occupent la carte : le bassin de la Meuse, le bassin de l'Ourthe et celui de la Vesdre (Figure II.2). La Vesdre est un affluent de l'Ourthe, qui est elle-même un affluent de la Meuse. La confluence de la Vesdre et de l'Ourthe a lieu à Chênée, juste avant que l'Ourthe ne se jette dans la Meuse au sud de Liège.

- Le bassin de la Meuse occupe 59,4 % de la superficie de la carte (environ 95 km<sup>2</sup>). Sa plaine alluviale est relativement large, entre 800 et 1500 m. Elle atteint 2000 m à Seraing. Son altitude passe progressivement des cotes +69 à +62 m du sud vers le nord. Le plan d'eau de la Meuse est réglé par le barrage de Monsin, situé immédiatement en aval de Liège. Sa cote normale est de +60 m.
- Le bassin de l'Ourthe occupe 24,9 % de la superficie de la carte (environ 40 km<sup>2</sup>). Sa plaine alluviale est beaucoup plus étroite que celle de la Meuse, comprise entre 110 et 340 m avant sa confluence avec la Vesdre. Elle s'élargit ensuite pour atteindre 1000 m avant de rejoindre la Meuse. Son altitude passe de 81 m à l'extrémité sud de la carte à 64,5 m à sa confluence avec la Meuse.

- Le bassin de la Vesdre occupe 15,7 % de la superficie de la carte (environ 25 km<sup>2</sup>). La largeur de sa plaine alluviale varie de 160 à 710 m avant sa confluence avec l'Ourthe. Son altitude évolue de 83 m à 65 m à sa confluence avec l'Ourthe.

De part et d'autre de la Meuse et de l'Ourthe, on distingue plusieurs replats correspondant aux terrasses fluviales (Figure II.3). Les dépôts de terrasse comprennent des alternances de graviers, sables et limons plus ou moins argileux. La partie inférieure des terrasses est surtout graveleuse, le sommet plus limoneux. Leur épaisseur est très variable (quelques mètres) et peut atteindre localement une vingtaine de mètres.

Les terrasses caillouteuses et limoneuses ont les cotes de base suivantes (en m):

- Vallée de la Meuse (terrasses 1 à 10)
  1. Ivoz. +100, +110
  2. Pairay. +100, +105
  3. Basses terrasses de Seraing. +60, +65 (BT inférieures). +70, +75 (BT supérieures)
  4. Cimetière d'Ougrée. +170, +175
  5. Cointe. +118, +120
  6. Sart-Tilman. +235
  7. Terrasses de la montée d'Angleur. +120. +130. +148(2). +175.
  8. Chartreuse. +110
  9. Grivegnée-Robermont. +118, +120
  10. Thier de Chênée. +123
- Vallée de l'Ourthe (terrasses A à G)
  - A. Sauheid-Sartay. 2 basses terrasses: +72, +86
  - B. Embourg. Terrasse polygénique. +120, +135
  - C. Sordeye - Blanc-Gravier. +210
  - D. Versant Nord du Blanc Gravier. +170 (dépôts érodés)
  - E. Blanc-Gravier – Parson. +170
  - F. Chalet Bel Air. +170
  - G. Château de Colonster. +130

Cette liste de terrasses fluviales est non exhaustive. Il existe d'autres terrasses sur la carte étudiée, entre autres dans la vallée de la Vesdre, mais nous n'en connaissons pas l'étendue et par conséquent leur cartographie est difficile. L'extension de la terrasse du Sart-Tilman (N°6-Meuse) doit être utilisée avec précaution. Une délimitation précise de cette terrasse est rendue particulièrement difficile car elle se confond aisément avec les dépôts de sables oligocènes. Les informations relatives aux terrasses reprises sur la figure II.3 sont issues des cartes géotechniques de Liège<sup>2</sup>, du Cahier du Sart-Tilman, du fascicule n°22 de la collection des publications de la Faculté des Sciences Appliquées de l'ULg (Calembert et al, 1970).

---

<sup>2</sup> Les cartes géotechniques utilisées dans cette notice sont référencées 42.5.4 (Bonnechère et al, 1984), 42.5.2 (Bonnechère et al., 1987), Engis-Flémalle (Bonnechère et al., 2006), prototype du Sart-Tilman (Calembert et al., 1975), 42.6.1 (Calembert et al., 1977) et 42.6.3 (Calembert et al., 1978).

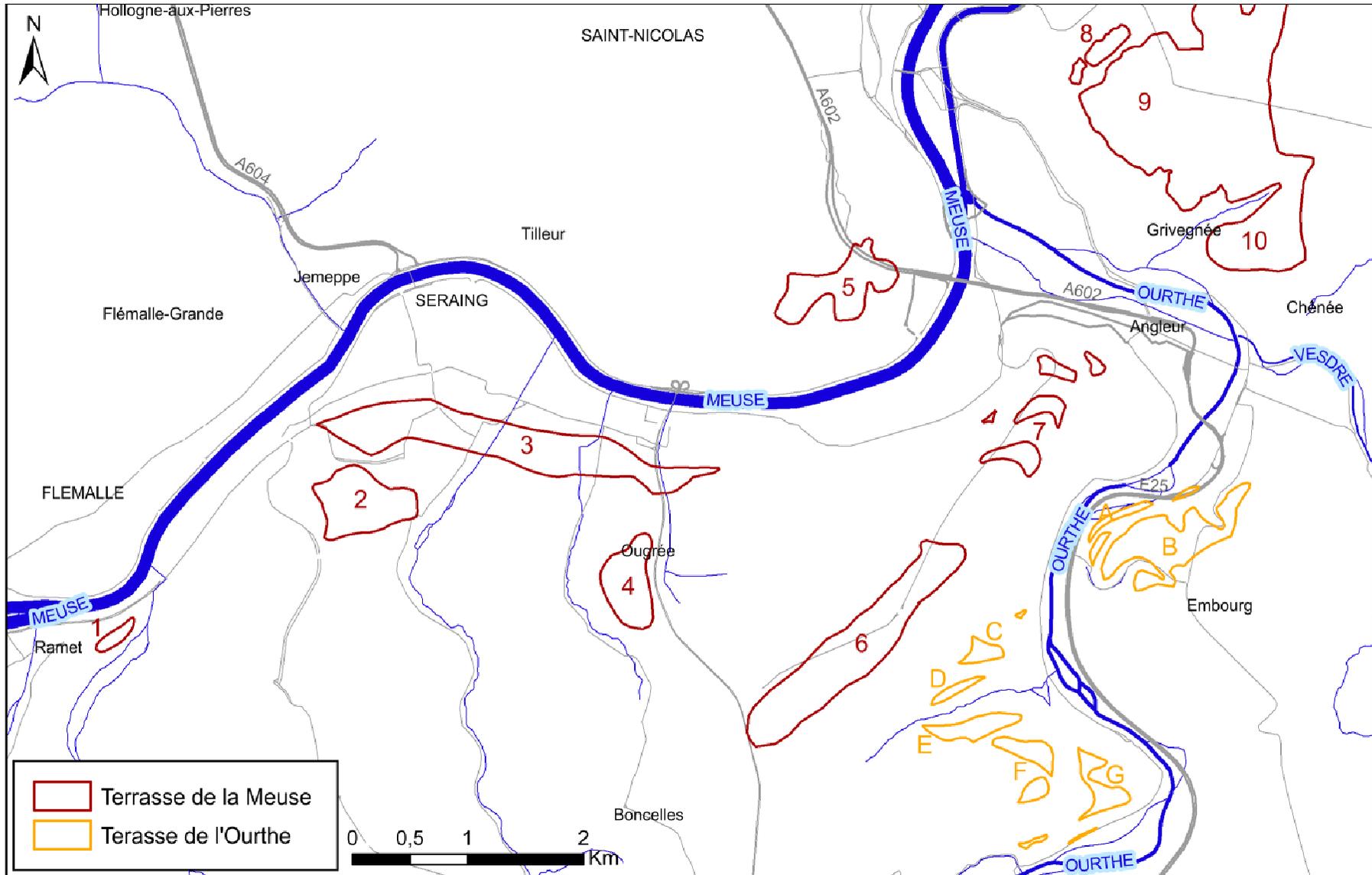


Figure II.3 : Terrasses de la Meuse et de l'Ourthe sur la carte de Seraing-Chênée

La figure II.4 représente la carte d'occupation du sol de la région de Seraing-Chênée (répartition selon les 6 classes du niveau 1). Ces données sont extraites de la carte numérique de l'occupation du sol wallon<sup>3</sup>. Les espaces artificialisés occupent un peu plus de la moitié de la carte et les forêts environ un quart (Tableau II.1). Parmi les espaces artificialisés, les zones résidentielles couvrent 38 km<sup>2</sup> (45,2 % de la catégorie) et les espaces d'activités économiques 35 km<sup>2</sup> (41,6 %). La partie de la vallée de la Meuse en amont de Liège présente une occupation du territoire caractéristique, où les usines et sites industriels occupent le fond de la vallée tandis que l'habitat ouvrier est rejeté sur les versants (Droeven et al., 2004). Les espaces artificialisés reprennent également les sites d'enfouissement technique dont l'exploitation est aujourd'hui terminée, comme les sites de la Chatqueue et du Bois St-Jean à Ougrée. Ces deux décharges, formées par les déchets issus des activités sidérurgiques de Cockerill durant le XXe siècle, ont été aujourd'hui partiellement reboisées. Elles restent néanmoins en rouge sur la carte d'occupation du sol. Le campus de l'Université de Liège et ses forêts, présents sur le plateau du Sart-Tilman, font également partie de cette catégorie de territoires artificialisés. L'activité agricole, quant à elle, est peu développée sur la zone de la carte.

**Tableau II.1 : Répartition de l'occupation du sol sur la carte Seraing-Chênée**

<u>Occupation du sol</u>	<u>Superficie</u>	<u>% sur la carte</u>
Territoires artificialisés (dont les zones d'activité extractive)	84,1 km <sup>2</sup>	52,6%
Territoires agricoles	33,6 km <sup>2</sup>	21%
Forêts et milieux semi-naturels	38,4 km <sup>2</sup>	24%
Surface en eau	3,8 km <sup>2</sup>	2,4%
Zones humides	0,01 km <sup>2</sup>	0,002%
Non classé	0,00 km <sup>2</sup>	0,00%

La carte des sols (Figure II.5) est marquée par la topographie et la géologie de la zone cartographiée. Les sommets des plateaux du sud de la carte sont ainsi formés de sols limoneux au drainage naturel assez faible tandis que les versants de vallées sont caractérisés par une charge caillouteuse plus importante et un drainage naturel plus favorable. Les données sont extraites de la Carte Numérique des Sols de Wallonie<sup>4</sup>. La nature de la charge caillouteuse présente dans les sols est directement liée à la roche-mère sous-jacente. De cette manière, les sols surplombant les terrains du Dévonien, au sud de la carte, possèdent une charge schisto-gréseuse ou calcaire, selon la composition lithologique du sous-sol. Les sols de la moitié nord de la zone possèdent eux une charge plus schisteuse, en lien direct avec les terrains du Houiller qui constituent le bed-rock dans la vallée de la Meuse. Aux extrémités nord-est et nord-ouest de la carte, la présence de sols chargés de silicite marquent les frontières des plateaux crayeux de Herve et de Hesbaye.

<sup>3</sup> La Carte de l'Occupation du Sol en Wallonie (COSW) est dressée au 1/10 000. Elle est basée sur les données cartographiques vectorielles à la Région wallonne. La couche de base est le PLI (Plan de Localisation Informatique – 1/10 000). On peut considérer en effet qu'il couvre l'ensemble du territoire régional, même si une partie de ce dernier n'est pas « cadastrée » (5 % du territoire wallon). La légende de la COSW est hiérarchisée en 5 niveaux de détails. Le niveau 1, le plus global, comporte 6 classes d'occupation du sol et le niveau 5, le plus détaillé, en contient 97. Pour plus d'informations : <http://geoportail.wallonie.be>

<sup>4</sup> Pour plus d'informations, consulter <http://cartopro3.wallonie.be/CIGALE/viewer.htm>

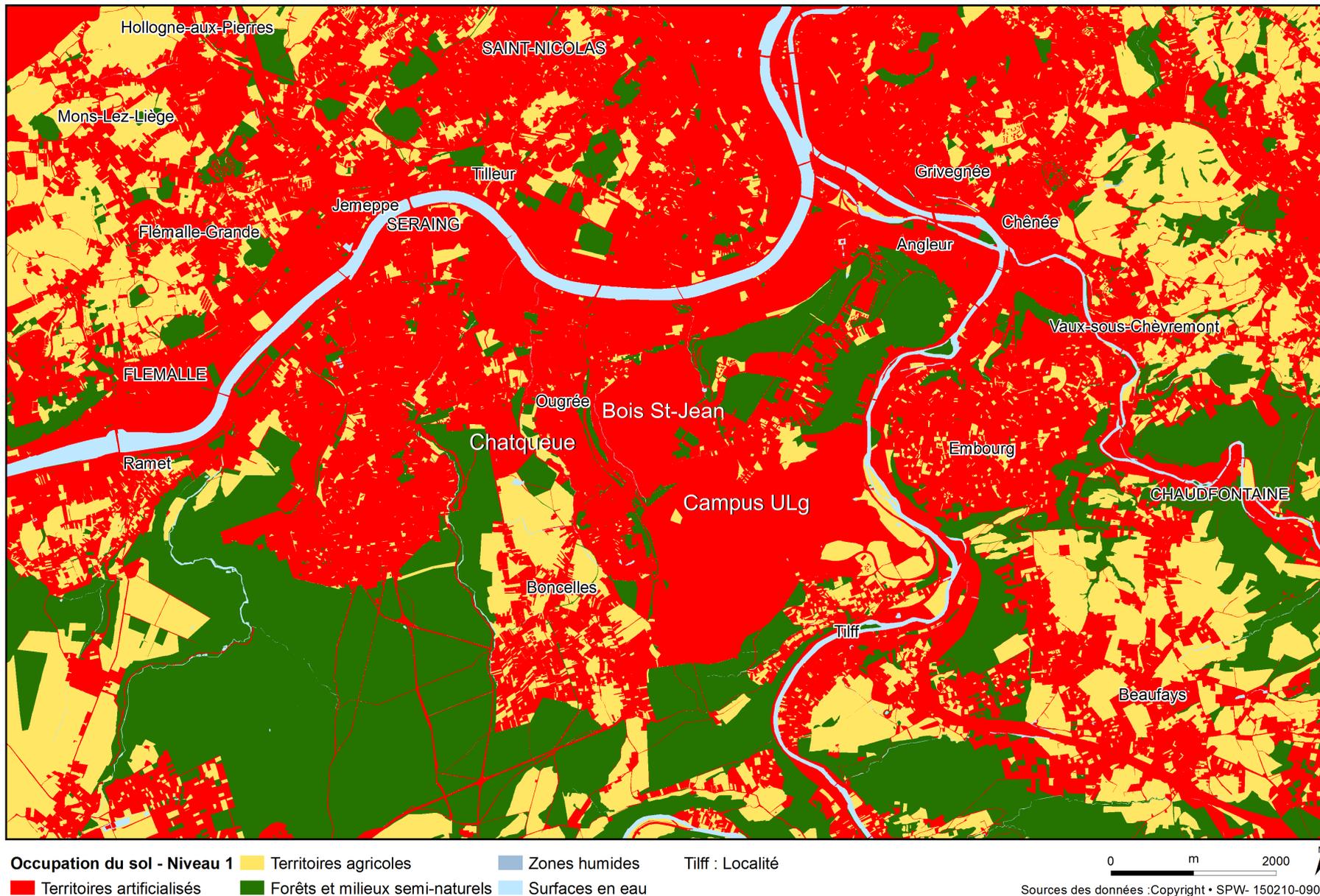
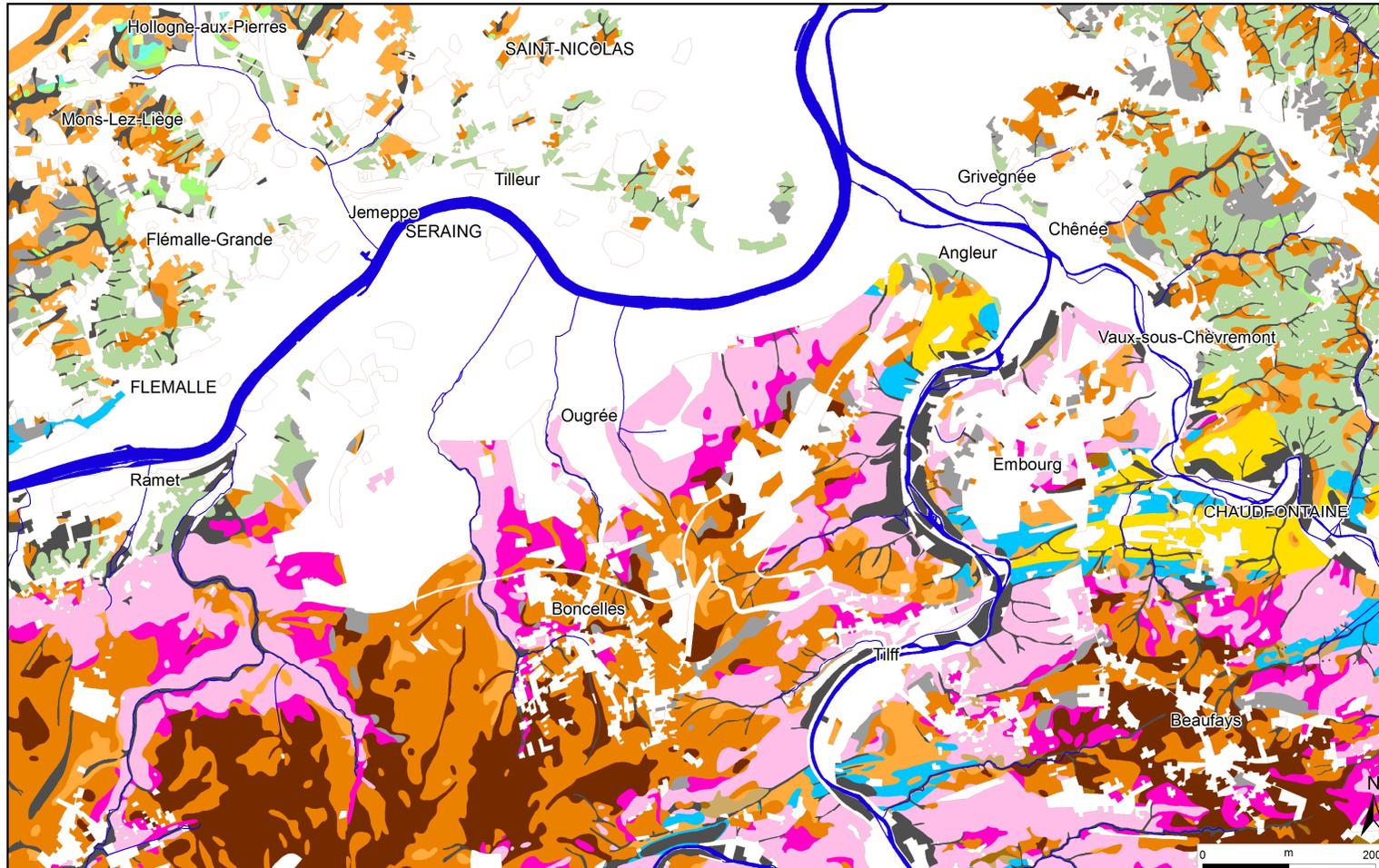


Figure II.4 : Carte de l'occupation du sol de la carte de Seraing-Chênée



**Type de sol**

- Sols sableux ou limono-sableux à drainage naturel excessif ou légèrement excessif
- Sols sablo-limoneux à drainage naturel principalement favorable
- Sols limoneux à drainage naturel favorable
- Sols limoneux à drainage naturel modéré ou imparfait
- Sols limoneux à drainage naturel assez pauvre à très pauvre
- Sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel favorable
- Sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel principalement modéré à assez pauvre
- Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel favorable
- Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel modéré à assez pauvre

- Sols limono-caillouteux à charge schisteuse et à drainage naturel principalement favorable
- Sols limono-caillouteux à charge psammitique ou schisto-psammitique et à drainage naturel principalement favorable
- Sols limono-caillouteux à charge calcaire ou contenant du calcaire et à drainage naturel quasi-exclusivement favorable
- Sols limono-cail. à charge de silicite ou de gravier ou de conglomérat et à drainage naturel principalement favorable
- Sols limono-caillouteux à charge crayeuse et à drainage naturel favorable
- Sols argileux à drainage naturel favorable à imparfait
- Regroupement de complexes de sols de textures différentes ou sur fortes pentes et de sols de fonds de vallons limoneux ou rocailleux
- Sols artificiels ou non cartographiés
- Réseau hydrographique
- Tilff : Localité

Sources des données : Copyright • SPW- 150210-0905

**Figure II.5 : Carte des types de sol de la carte de Seraing-Chênée**

### III. CADRE GEOLOGIQUE

#### III.1. CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL

Le cadre géologique général de la Wallonie est profondément marqué par l'orogénèse varisque qui, au Carbonifère supérieur, a provoqué le charriage du massif allochtone ardennais, au sud, sur des terrains autochtones situés au nord. La limite séparant les terrains autochtones des terrains allochtones est aujourd'hui caractérisée par une zone faillée dont la composante principale est dénommée Faille du Midi dans la partie ouest de la Wallonie ou Faille eifélienne entre la région liégeoise et l'Allemagne. Cet accident tectonique majeur délimite les bassins houillers du Hainaut et de Liège des terrains ardennais présents au sud (Boulvain et Pingot, 2011).

Historiquement, la conception tectonique régionale communément utilisée en Wallonie (Lohest, 1904) définit, juste au nord de la Faille du Midi/eifélienne, une unité structurale synclinale au flanc sud renversé connue, entre autres, sous le nom de "Synclinorium de Namur". Cette vision a cependant été définitivement invalidée par l'analyse de sondages profonds et de profils sismiques, qui ont démontré que les deux flancs du "Synclinorium de Namur" n'appartiennent pas, en réalité, à la même unité structurale (Lacquement et al., 1999 ; Adams et Vandenberghe, 1999).

Suite à la réalisation des nouvelles cartes géologiques de Wallonie, un nouveau schéma structurel cohérent du front varisque a été proposé sur base des connaissances les plus récentes (Bélanger et al., 2012). Il distingue les quatre unités structurales suivantes, du nord au sud de la Wallonie :

1. un autochtone formé par le Massif cambro-silurien du Brabant et une partie de sa couverture dévonienne, qui n'a pas été déformée lors de l'orogénèse varisque ;
2. le Parautochtone brabançon, composé d'une couverture dévono-carbonifère dont la déformation possède un caractère graduel en s'atténuant vers le nord ;
3. les Ecailles et massifs renversés de Haine-Sambre-Meuse (HSM), constitués de nombreuses écailles superposées datées de l'Ordovicien au Carbonifère et portées par une succession de failles ;
4. l'Allochtone ardennais, constitué de terrains faillés et déformés âgés du Cambrien au Carbonifère.

Actuellement, les écailles et massifs renversés HSM ne sont définis que depuis le Nord de la France jusqu'à la région de Huy. Le levé des nouvelles cartes géologiques de la région liégeoise est en effet toujours en cours et les nouvelles unités structurales définies ci-dessus n'y ont pas encore été attribuées. La structure géologique décrite dans la suite de cette notice reprend donc l'ancienne conception historiquement utilisée ("Synclinorium de Namur", "Synclinal de Liège", "Massif de Herve", ...). Il faut garder à l'esprit que ces termes devraient être revus lors de la parution des nouvelles cartes géologiques de la région de Liège.

La région de Seraing-Chênée est située au cœur de la zone frontale varisque décrite ci-dessus, puisque la Faille eifélienne scinde la carte en deux, selon un axe OSO-ENE. Au nord se trouve le bassin houiller liégeois, fortement plissé et fracturé. Il est recouvert au NO et au NE par une

couverture méso-cénozoïque qui forme les plateaux de Hesbaye et de Herve. Au sud de la Faille eifélienne, le Synclinorium de Dinant, qui appartient à l'Allochtone ardennais, occupe la partie SO de la carte. Cette mégastructure géologique comprend deux zones synclinales séparées par un axe anticlinal courant de Philippeville à Durbuy. Dans le Condroz, le Synclinorium de Dinant est caractérisé par une succession d'anticlinaux gréseux à cœur famennien et de synclinaux calcaires du Dinantien. Ce cadre géologique est à l'origine d'un paysage caractéristique fait d'une succession de tiges (crêtes) et de chavées (creux). Il est relayé plus à l'est par la Nappe de la Vesdre (Boulvain et Pingot, 2011).

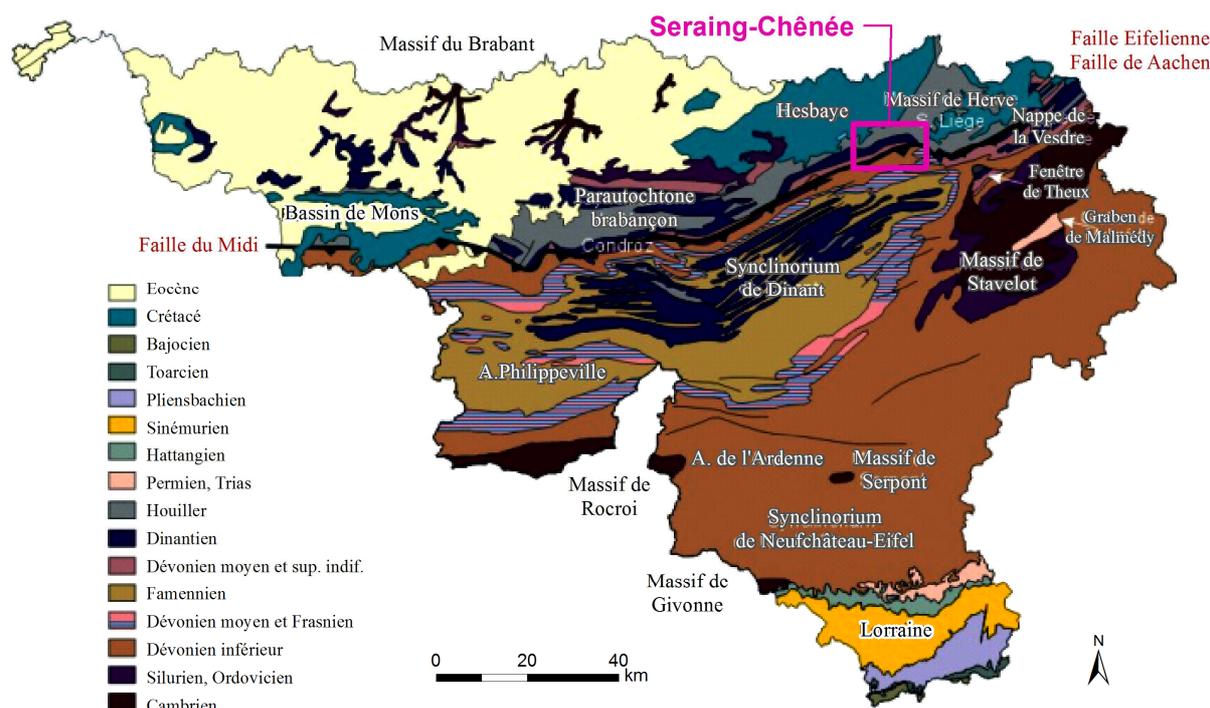


Figure III.1 : Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2011; modifié)

### III.2. CADRE GEOLOGIQUE DE LA CARTE

La carte hydrogéologique de Seraing-Chênée est basée sur la carte géologique levée par Forir et Murlon en 1897 au 1/40.000. Des esquisses de cartes géologiques plus récentes ont été consultées mais ne couvraient pas l'ensemble du territoire étudié. La description litho-stratigraphique des formations géologiques fait donc référence à la légende de cette édition. Cette version est à manipuler avec réserve. En effet, dans les livrets explicatifs des cartes de Seraing et de Chênée, Fourmarier (1910 a&b) apporte déjà certaines modifications parfois assez importantes suite à de nouvelles observations. Ces changements se rapportent soit aux limites des formations géologiques, soit à la détermination de leur âge ou encore à l'interprétation tectonique de la région. Certaines corrections, fonction de leur intérêt pour la carte hydrogéologique, y ont été reportées. Elles sont mentionnées par la suite. Elles ne portent cependant pas sur des modifications du tracé des assises. Pour plus de détails, nous invitons le lecteur à se référer aux livrets accompagnant les cartes géologiques.

Rappelons également que, depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle, l'échelle stratigraphique et le découpage des unités lithologiques ont changé. La terminologie utilisée actuellement ne correspond donc plus nécessairement à celle utilisée en 1897. A l'époque, la subdivision en

assises correspondait à un découpage basé sur la biostratigraphie et la chronostratigraphie alors qu'aujourd'hui les nouvelles cartes se basent sur la lithostratigraphie. Plus d'informations sur la nouvelle échelle stratigraphique de Belgique peuvent être trouvées dans Bultynck et Dejonghe (2001).

Quelques zones de la carte Seraing-Chênée ont fait l'objet de nouveaux levés géologiques, généralement à la suite de grands travaux de génie civil. La géologie de la région s'étendant d'Embourg à Beaufays-Tilff a été réinterprétée par Vandeven (1978), suite à la construction de l'autoroute des Ardennes. Le plateau de Bonnelles – Sart-Tilman a, quant à lui, été largement étudié, lors de l'implantation de l'Université de Liège sur ce site. Ces interprétations géologiques sont présentées à la fin du chapitre. Malheureusement, ces cartes géologiques ne couvrent pas l'entièreté de la zone Seraing-Chênée et l'assemblage de ces différents levés n'a pu être réalisé dans le cadre de la réalisation de la carte hydrogéologique.

### III.2.1. Cadre litho-stratigraphique

Les formations du Paléozoïque sont de loin les plus développées sur le territoire de la carte de Seraing-Chênée. Ces dépôts comprennent toute la série des étages depuis le Coblencien moyen (Dévonien) jusqu'aux terrains du Houiller (Carbonifère). Dans le nord-ouest et le nord-est, on voit apparaître le Crétacé qui marque le début, respectivement, du plateau de Hesbaye et du plateau de Herve. Au sud, on ne trouve que des amas de silex, faciès d'altération du Crétacé. Des dépôts sableux cénozoïques sont présents au sommet des plateaux, sous forme de lambeaux irréguliers, parfois d'extension importante. Les dépôts quaternaires sont présents partout sous forme de dépôts limoneux, de produits d'altération, d'éboulis de pentes, de graviers de terrasses ou d'alluvions modernes.

- Remarques* : - Cb2 + Cb1 = Siegenien ≈ Praguien (nouvelle nomenclature);  
 - Burtonien (Bt) + Coblencien Cb3 = Emsien (nouvelle nomenclature);  
 - Couvinien (Co) ≈ Eifelien (Bultynck et Dejonghe, 2001)

#### III.2.1.1. Formations du Paléozoïque

##### III.2.1.1.1 Dévonien

##### Coblencien

Le Coblencien (Cb) est subdivisé en trois assises. De la plus ancienne à la plus récente,

- **Cb1** : grès gris verdâtre avec des intercalations schisteuses ;
- **Cb2** : schistes rouges et verdâtres et grès verdâtres (rouges au sommet) ;
- **Cb3** : schistes gris verdâtre ou rouges avec intercalations de grès verdâtres ou rougeâtres contenant des débris végétaux.

Les roches du Coblencien affleurent sur le versant sud de la vallée de la Meuse, de Ramet à Kinkempois, et sur le plateau de Bonnelles – Sart-Tilman. Une fine bande a également été observée dans la région de Chênée, au sud de la confluence Ourthe-Vesdre.

La carte de 1897 ne mentionne pas de Cb1. Fourmarier classe les grès du ravin de Villencourt, près de la Faille eifélienne, dans cette assise. On aurait donc au voisinage de cette importante faille de charriage une bande de Cb1. Elle se termine vers les Communes (Seraing).

Fourmarier remet aussi en cause la longue bande de Burnotien intercalée dans l'étendue de Cb3 sur la planchette de Seraing. Ne disposant pas d'assez d'éléments et les natures lithologiques de ces assises étant proches, aucune modification n'a été apportée à ce sujet.

L'allure des couches est assez complexe suite aux nombreux plis secondaires. En allure générale, les couches sont très redressées avec un pendage sud variant de 60° à 90°. Les pentes nord, accessoires, sont généralement plus faibles.

### Burnotien

Le Burnotien (Bt) est caractérisé par des schistes rouge lie de vin et des grès rouges, avec intercalations de grès verts souvent grossiers et parfois des schistes verts. La teinte dominante de cet étage reste le rouge. Les poudingues à ciment rouge de Burnot, bien développés dans certaines régions, sont sur la carte de Seraing-Chênée tout à fait exceptionnels.

Cet étage affleure de la région de Neuville-en-Condroz, à l'extrémité sud-ouest de la zone, à la vallée de la Vesdre, à l'est. Il présente des affleurements de grande extension dans la région de Tilff et au sud-ouest du plateau de Bonnelles.

### Couvinien

De faciès schisto-gréseux et de couleur rouge, le Couvinien (Co) peut être facilement confondu avec le Burnotien, rendant par endroits la limite entre les deux étages hypothétique. Il apparaît dans le sud et le sud-ouest de la carte, sous la forme de bandes assez étroites caractéristiques du Synclinorium de Dinant, ainsi que plus à l'est, où il marque la bordure des formations carbonatées du Dévonien moyen et supérieur de la Nappe de la Vesdre.

Le Couvinien est formé de grès verdâtres fossilifères avec un poudingue, généralement à ciment clair de Tailfer, à la base. Ensuite, on observe une masse assez épaisse de schistes rouges avec quelques bancs de grès gris blanchâtre accompagnés de poudingue. On y distingue aussi deux niveaux de grès verts avec des fossiles marins et des débris végétaux (grès de Bure).

### Givetien

Deux assises sont distinguées au sein du Givetien (Gv) :

- **Gva** : calcaires impurs et grès micacés à Stringocéphales ;
- **Gvb** : schistes et grès micacés avec calcaires et dolomie subordonnés au-dessus.

L'épaisseur de ces deux assises ne semblant pas dépasser une cinquantaine de mètres et les couches étant en général très redressées, la cartographie de cet étage n'est pas possible, à l'échelle de la carte de 1897. Le Givetien entoure d'une mince bordure les massifs de calcaire

frasnien, présents au sud (synclinaux de Fêchereux – Sur-Cortil et de Méry) et à l'est (La Brouck, Chaudfontaine, lambeaux de poussée de Streupas et Kinkempois) de la carte

Fourmarier apporte ici une des principales modifications. En effet, sur la carte de 1897, le Givetien englobe toute la série des roches calcaires situées sous les schistes de la Famenne (Famennien). Or, d'après lui, la masse principale de calcaire doit constituer l'étage Frasnien.

### Frasnien

Comme annoncé ci-dessous, la presque totalité des dépôts carbonatés du Dévonien appartient au Frasnien (Fr) et non au Givetien. En effet, la présence de schistes à oligiste oolithique (témoin de la base du Frasnien) le démontre.

Au-dessus de ces schistes à oligiste (hématite  $Fe_2O_3$ ), se trouvent des bancs calcaires très épais, bien stratifiés et formés de polypiers. On observe ensuite des intercalations schisteuses ( $\pm 25$  m), puis à nouveau du calcaire ( $\pm 15$  m). Par endroits, on distingue aussi, au-dessus des calcaires stratifiés constituant la masse principale, des calcschistes et des schistes accompagnés de dolomie, surmontés de calcaires très argileux. L'étage est parfois clôturé par un niveau de calcaire rouge. On remarque donc que, bien que formé presque essentiellement de calcaire, le Frasnien a néanmoins une composition très variable.

Le Frasnien, réparti en série de bandes, entoure les schistes de la Famenne. Il affleure dans le cœur du synclinal de Fêchereux – Sur-Cortil, sur les hauteurs de Chaudfontaine et de La Brouck et dans les lambeaux de poussées de Streupas et de Kinkempois. Parmi les corrections apportées par Fourmarier, on peut, entre autres, noter qu'à Chèvremont, une ancienne carrière de calcaire est passée du Tournaisien au Frasnien. La bande calcaire au sud de la carte passant par Fêchereux et Sur Cortil a un tracé ondulé, non compatible avec les directions relevées et la forte inclinaison des couches. Au sud de celle-ci, une étroite bande de calcaire passe dans le Bois des Manants.

### Famennien

Cet étage est constitué des séries psammo-pélitiques. Il peut être subdivisé en deux parties selon leur nature pétrographique. Le Famennien inférieur est surtout schisteux, tandis que le Famennien supérieur présente un faciès plus littoral, composé essentiellement de grès micacés avec des grès à ciment calcaire et des schistes subordonnés.

#### ***Famennien inférieur***

De bas en haut, sur la carte de Seraing-Chênée, le Famennien inférieur est composé de :

- Assise de **Senzeilles** (Fa1a) : schistes souvent verdâtres, fréquemment noduleux ou calcaireux, très fossilifères ;
- Assise de **Mariembourg** (Fa1b) : essentiellement schistes violacés avec grès micacés à la partie supérieure et bancs de schistes noduleux compacts à la base. Bancs de calcaire très argileux à oligiste oolithique (hématite  $Fe_2O_3$ ) ;

- Assise d'**Esneux** (Fa1c) : grès micacés stratoïdes et schistoïdes, en bancs minces.

La carte de 1897 ne mentionne pas de Fa1a. Mais vu la réduction considérable de puissance du Fa1 dans la région, les deux Assises de Senzeilles et Mariembourg sont confondues en une seule. Le Famennien inférieur affleure dans la partie orientale de la carte, autour de Chaudfontaine et dans les lambeaux de poussée de Streupas et de Kinkempois.

Quelques autres corrections ont été apportées par Fourmarier. La partie nord de la montagne de Chèvremont est formée de Fa1 au lieu de Fa2. Les schistes qui surmontent les calcaires frasniens au sud de Tilff (bande Fêchereux-Sur Cortil) et à La Brouck ont été déterminés en 1897 comme frasniens, alors qu'ils devraient être rangés dans le Famennien inférieur en tant que schistes de la Famenne.

### ***Famennien supérieur***

On observe de bas en haut, les formations suivantes :

- Assise de **Souverain-Pré** (Fa2a) : grès à ciment calcaire ou schistes noduleux, avec grès micacés et schistes vers le haut ;
- Assise de **Monfort** (Fa2b) : grès micacés massifs à pavés, rouges vers le haut, avec couches stratoïdes vers le bas ;
- Assise d'**Evieux** (Fa2c) : grès micacés et schistes à végétaux et débris de poissons avec grès à ciment calcaire ou schistes noduleux ;
- Assise de **Comblain-au-Pont** (Fa2d) : alternance de calcaire, de schistes et de grès à ciment calcaire.

La distinction sur le terrain entre les différentes assises n'est pas toujours aisée, ainsi Fa2 b-c-d sont cartographiés en une seule unité, souvent même regroupée avec Fa2 a. Le Famennien supérieur est observé dans les mêmes zones que le Famennien inférieur.

#### *III.2.1.1.2 Carbonifère*

La sédimentation carbonatée du Carbonifère commence avec le Tournaisien, lui succèdent les formations du Viséen et du Houiller. Ce dernier étage occupe presque la totalité de la moitié septentrionale de la carte de Seraing-Chênée. Par contre, les calcaires carbonifères sont peu développés dans la zone cartographiée.

#### *Tournaisien*

Cette série affleure uniquement sur la partie orientale de la carte. On l'observe en plusieurs petits massifs : au sud d'Angleur, dans les lambeaux de Kinkempois et de Streupas, et à Chaudfontaine, au lieu-dit La Rochette. Elle est constituée de dolomie grise, plus ou moins foncée, mal stratifiée.

## Viséen

Deux étages représentent cette série :

### ***Dinant (V1)***

Composée de dolomie grenue, foncée, massive à grandes géodes de calcite (V1b-y), cette assise est peu développée sur la carte étudiée. On l'observe à Angleur, à La Rochette ainsi que dans le lambeau qui se trouve à Flémalle en rive gauche de la Meuse (non mentionné sur la carte de 1897).

### ***Visé (V2)***

- **V2a** : calcaire gris en bancs épais, à grosses tiges de crinoïdes, parfois très crinoïdique – calcaire compact, souvent oolithique, de teinte grise;
- **V2b** : calcaire gris et noir, souvent très compact, parfois bleu, grenu, avec cherts noirs;
- **V2c** : calcaire bleu – calcaire en bancs épais, souvent gris ou gris-jaune – calcaire oolithique à nombreux fossiles.

Cette dernière assise n'est pas mentionnée sur la carte de 1897. Fourmarier l'introduit car elle est présente sur la carte voisine de Saint-Georges et il n'y a pas de raison pour qu'elle ne se prolonge pas. Il se peut néanmoins qu'elle ait une faible épaisseur, les assises de calcaire carbonifère dans la bande du bord sud du Synclinorium de Namur diminuant de puissance vers l'est.

Ces calcaires compacts affleurent à Angleur, à Flémalle (rive gauche) et à Ramet (rive droite).

Dans la région d'Angleur, des gisements de zinc, plomb et fer ont été exploités jusqu'au début du XXe siècle. Les minéraux intéressants forment des veines apparaissant préférentiellement aux contacts entre les calcaires viséens et les schistes du Houiller. Riches en sulfures (blende, galène, pyrite), ces filons résultent de la circulation de fluides hydrothermaux dans les fractures de la roche et sont associés à des zones faillées (Dejonghe, 1998). La partie superficielle de ces gisements est marquée par une altération importante, en partie causée par des circulations karstiques, responsable d'un enrichissement supergène et de la formation de minéraux oxydés, comme la calamine (mélange de carbonates et de silicates de zinc) ou la cérusite ( $PbCO_3$ ). Ces zones d'altérations, qui contiennent des poches remplies de matériel détritique (sable, argile de provenance souvent mal définie), peuvent atteindre des profondeurs de plusieurs dizaines de mètres (Dejonghe et Boni, 2004). A titre d'illustration, le gîte de Kinkempois a produit, durant son exploitation, environ 555 t de calamine, 2 000 t de galène et 22 605 t de pyrite (Dejonghe, 1998).

Les eaux souterraines issues des formations du Paléozoïque se chargent, au contact de ces filons, en zinc, plomb, fer et peuvent nécessiter, dans certains cas, des traitements adéquats.

## Houiller

Le Houiller est formé par des alternances de schistes plus ou moins gréseux et de grès avec intercalations de veines de charbon d'épaisseur comprise entre 0,5 et 1 m, mais pouvant atteindre

2,5 m au maximum. A la base du Namurien, on observe des ampélites alunifères riches en pyrite et qui ont été exploitées pour la fabrication de l'alun.

Cette série se divise en deux étages, Namurien H1 et Westphalien H2. Le "Poudingue houiller" (H1c), grès grossier à grains de charbon, forme la séparation entre ces étages. Il est difficilement reconnaissable. La puissance du Houiller est, dans le bassin de Liège, d'environ 1550 m. Le Houiller exploitable a une épaisseur maximum de 1260 m. Il se rattache tout entier au Westphalien, tandis que la partie inférieure, le Namurien, a une puissance de 300 m environ (Humblet, 1941).

Plusieurs assises sont distinguées dans le Houiller (toutes ne sont pas mentionnées sur la carte de 1897) :

### ***Namurien (H1)***

- Assise de **Chockier** (H1a) (100-150 m), avec à la base l'ampélite ;
- Assise d'**Andenne** (H1b) (150 m) ;
- "Poudingue houiller" (H1c).

### ***Westphalien (H2)***

- Assise de **Chatelet** (H2a) (360 m), s'étend jusque la veine "Stenaye" ;
- Assise de **Charleroi** (H2b) (890 m).

Le Houiller occupe tout le nord de la carte de Seraing-Chênée, limité au sud par la Faille eifélienne sous laquelle il s'enfonce. Il comprend principalement du Westphalien. Le Namurien affleure du côté de Flémalle et Ramet, à Angleur et au nord de Beyne-Heusay. Cette dernière zone est mise en doute par Fourmarier.

La région située au sud de la Faille des Aguesses appartient au Bassin de Herve, l'autre fait partie du Bassin de Liège.

Les couches de houille sont classées d'après leur teneur en matières volatiles : houilles grasses, demi-grasses et maigres. La richesse du gisement (environ 50 veines exploitables dans le Bassin liégeois) est cependant très variable d'une zone à l'autre et, dans une même zone, suivant la région considérée. D'une façon générale elle décroît de haut en bas : les zones inférieures sont relativement pauvres. Sur la carte de Seraing-Chênée se trouvent une dizaine de concessions minières, dont les charbonnages de Gosson, Kessales, Espérance, Bon Fin, Cockerill. La dernière fermeture date de 1976, pour la région de Seraing-Chênée.

### **III.2.1.2. Formations du Mésozoïque**

#### *III.2.1.2.1 Crétacé*

Sur la carte de Seraing-Chênée, il existe quelques lambeaux de Crétacé à la bordure du plateau de Hesbaye (ouest de la carte) et à la bordure du plateau de Herve (est). Ces dépôts se terminent en biseau vers le sud. Ce système est représenté par deux assises du Sénonien :

- Assise de **Herve** (Cp2) : argile marneuse (smectite) gris-verdâtre, avec concrétions ferrugineuses. Son épaisseur est faible:  $\pm 7$  m à l'Arbre St-Michel,  $\pm 6$  m à Romsée ;
- Assise de **Nouvelles** (Cp3) : craie blanche, à silex noirs au sommet (Cp3c) avec craie glauconifère à la base (Cp3a). La craie blanche a environ 25 m d'épaisseur à l'aqueduc d'Hollogne, 5,4 m à l'Arbre St-Michel. La craie glauconifère est moins épaisse, environ 1 à 2 m sur le lambeau hesbignon. Elle n'existe que très localement sur le lambeau de l'est de la carte.

La craie n'existe pas au sud de la Meuse, ni sur les plateaux entre l'Ourthe et la Vesdre. On n'y trouve plus que le conglomérat résiduel à silex (faciès d'altération).

Ce conglomérat (Sx) provient de la dissolution des couches supérieures du Crétacé. Il est intercalé entre la craie blanche à silex noirs et les sables ou les limons cénozoïques. Il est en général peu épais et fait parfois défaut.

### **III.2.1.3. Formations du Cénozoïque**

#### *III.2.1.3.1 Paléogène (Oligocène)*

Des grandes étendues datant de l'Oligocène, ne subsistent que quelques lambeaux. Ces dépôts, assez hétérogènes, sont composés de sables quartzeux, fins et pailletés, parfois glauconieux ou ferrugineux, d'amas de cailloux, et de glaises plastiques. Leur épaisseur est très variable. Ce dépôt essentiellement sableux atteint maximum 6 m au Sart-Tilman. Il augmente d'est en ouest sur le plateau de Bonnelles avec une épaisseur maximum de 12 m. A Beaufays, il est épais d'environ 4-5 m.

#### *III.2.1.3.2 Quaternaire*

Les plateaux sont recouverts par des limons éoliens (loess) d'épaisseur variable. Les versants et le bord de la plaine alluviale sont recouverts par du colluvium et des limons de pente. La composition du colluvium est variable en fonction de son origine. Il comprend des limons sableux et argileux mélangés à des fragments plus ou moins grossiers de provenances diverses (graviers roulés de terrasses, schistes, grès, calcaires, craie, silex...). Le colluvium présente usuellement une épaisseur réduite sur les versants à forte pente (quelques décimètres à 2-3 m). En pied de versant, il existe d'importantes accumulations de colluvium, pouvant dépasser 5 m voire atteindre une trentaine de mètres.

Les alluvions récentes de la Meuse, de l'Ourthe et de la Vesdre ainsi que les terrasses fluviales sont composées de limons fluviaux d'épaisseur variable (3 à 8 m) surmontant des sables et graviers roulés d'une puissance comprise entre 2 et 10 m. Plusieurs terrasses, à différents niveaux, ont été observées sur les versants des vallées de la Meuse et de l'Ourthe (voir chapitre II).

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 du fleuve,... Ces nombreuses variations du faciès de la couche graveleuse, comprise entre le bed-rock houiller peu perméable et les limons fluviaux peu perméables vont jouer un rôle hydrogéologique non-négligeable, dont il sera question dans le [chapitre IV](#).

Avec l'échelle utilisée (verticale 1/5.000) pour la coupe hydrogéologique, il n'est pas facile de se rendre compte de l'enchevêtrement des basses terrasses de la Meuse dans la zone de Seraing, de l'allure du bed-rock sous les dépôts de couverture et de l'épaisseur du colluvium. La coupe de la figure III.2 est tracée sur le même axe que la coupe de la carte hydrogéologique, mais avec des échelles verticale et horizontale modifiées (exagération).

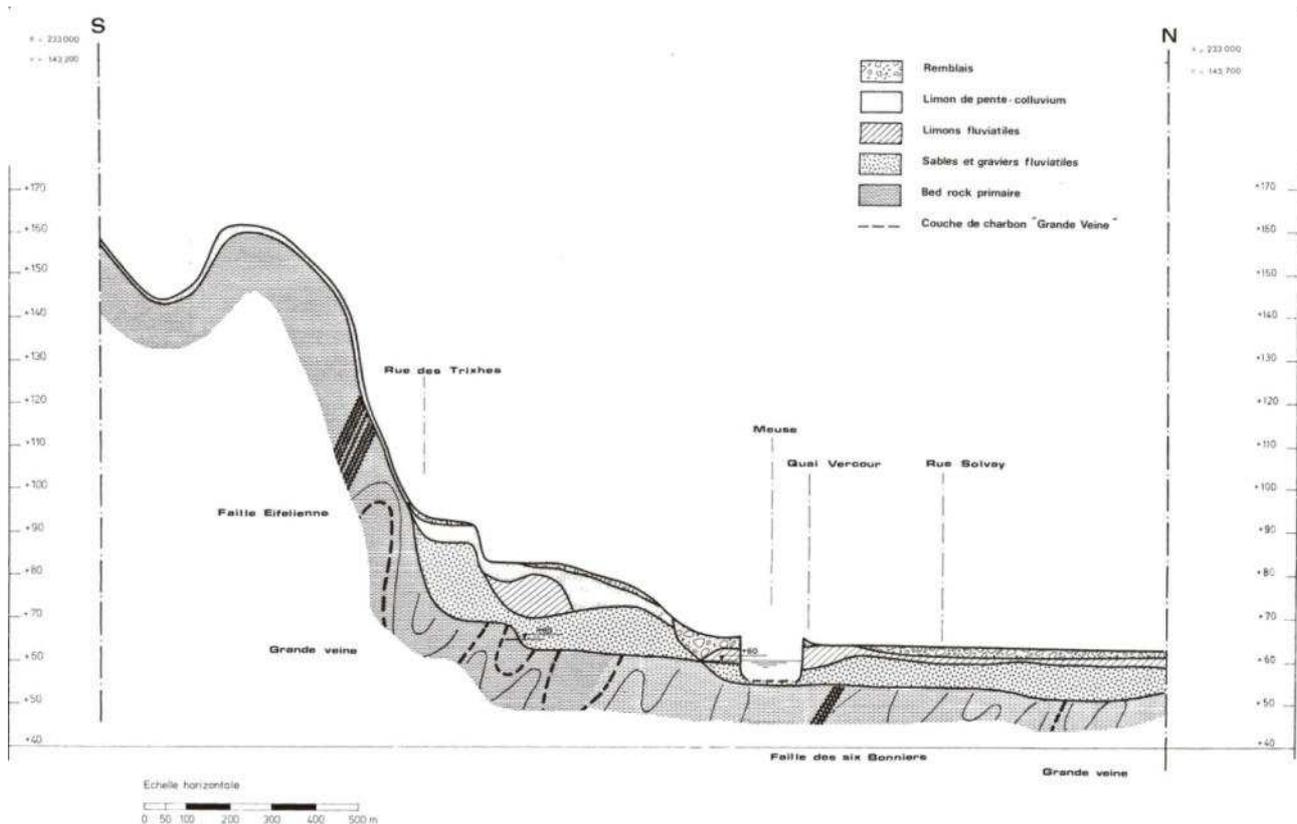


Figure III.2 : Coupe géologique interprétative (Bonnechère et al., 1984)

### III.2.2. Cadre structural

Le trait structural majeur de la carte de Seraing-Chênée est la présence de la Faille eifélienne qui charrie le Synclinorium de Dinant sur le "Synclinorium de Namur". Cet accident tectonique a une inclinaison de 30 à 50° vers le sud – sud-est sur la carte étudiée et marque la limite méridionale du bassin houiller liégeois.

Au nord de la Faille eifélienne, le bassin houiller dessine un synclinal dissymétrique avec un flanc nord en plateaux et un flanc sud fortement redressé, voire renversé. Plus à l'est, les anticlinaux de Cointe et de la Chartreuse assurent la liaison avec le massif de Herve, grand pli synclinal structuré en une série d'écaillés imbriquées (Boulvain et Pingot, 2011).

De nombreuses failles longitudinales, orientées approximativement SO-NE, affectent le Houiller. Leur rejet varie entre 30 et 300 m, atteignant parfois 600 m. Du nord au sud, on observe (Figure III.3) :

- la faille Saint-Gilles : pendage  $45^{\circ}$  à  $60^{\circ}$ N. Sa pente augmente avec la profondeur, elle peut atteindre la verticale ;
- la faille Marie : pendage  $60^{\circ}$  à  $70^{\circ}$ N, par endroit elle est presque verticale. Elle se raccroche à la faille de Seraing sous la ville de Liège ;
- la faille de Seraing : pendage de  $50^{\circ}$  à  $65^{\circ}$ S ;
- la faille d'Ivoz est sensiblement parallèle à la faille de Seraing ;
- la faille des Six-Bonniers : pendage  $60^{\circ}$ S ;
- la faille des Aguesses : pendage  $30^{\circ}$ SE.

Le Houiller est également affecté par une série de failles obliques par rapport à la stratification et faiblement inclinées vers le sud (plat-craïns).

Au sud de la Faille eifélienne, les couches du Dévonien ont l'allure caractéristique du bord nord du Synclitorium de Dinant. Les plis de direction générale SO-NE sont redressés et légèrement déversés vers le sud. De nombreux plis secondaires affectent les plis majeurs. Ces plis secondaires ont une allure inverse à celle des plis du "Synclitorium de Namur"; le flanc nord des synclinaux est très redressé, alors que le flanc sud est moins incliné. A l'est de l'Ourthe, le Synclitorium de Dinant est relayé par la Nappe de la Vesdre, charriée sur le Massif de Herve par la Faille du Tunnel (prolongation de la faille eifélienne). En général, les couches sont très redressées et fortement plissées. Suite aux nouvelles observations sur les déblais de l'autoroute, l'interprétation géologique de cette zone a été revue. Ce point sera abordé dans la section suivante.

Une série de lambeaux de poussées jalonne le front de charriage. D'ouest en est, on a les lambeaux de Kinkempoï, de Streupas, de Chèvremont et de la Rochette. Les deux premiers sont de loin les plus importants (figure III.4). Ils présentent des structures très complexes et sont constitués de calcaires frasniens, de roches détritiques du Famennien, d'un peu de Houiller et des dolomies du Tournaisien. Pour plus de détails sur ces lambeaux, nous renvoyons le lecteur à la notice explicative de la carte géotechnique 42.6.3-Liège (Calembert et al, 1978) et au livret 'Géologie' des 'Guides scientifiques du Sart-Tilman' (Calembert et al, 1974b).

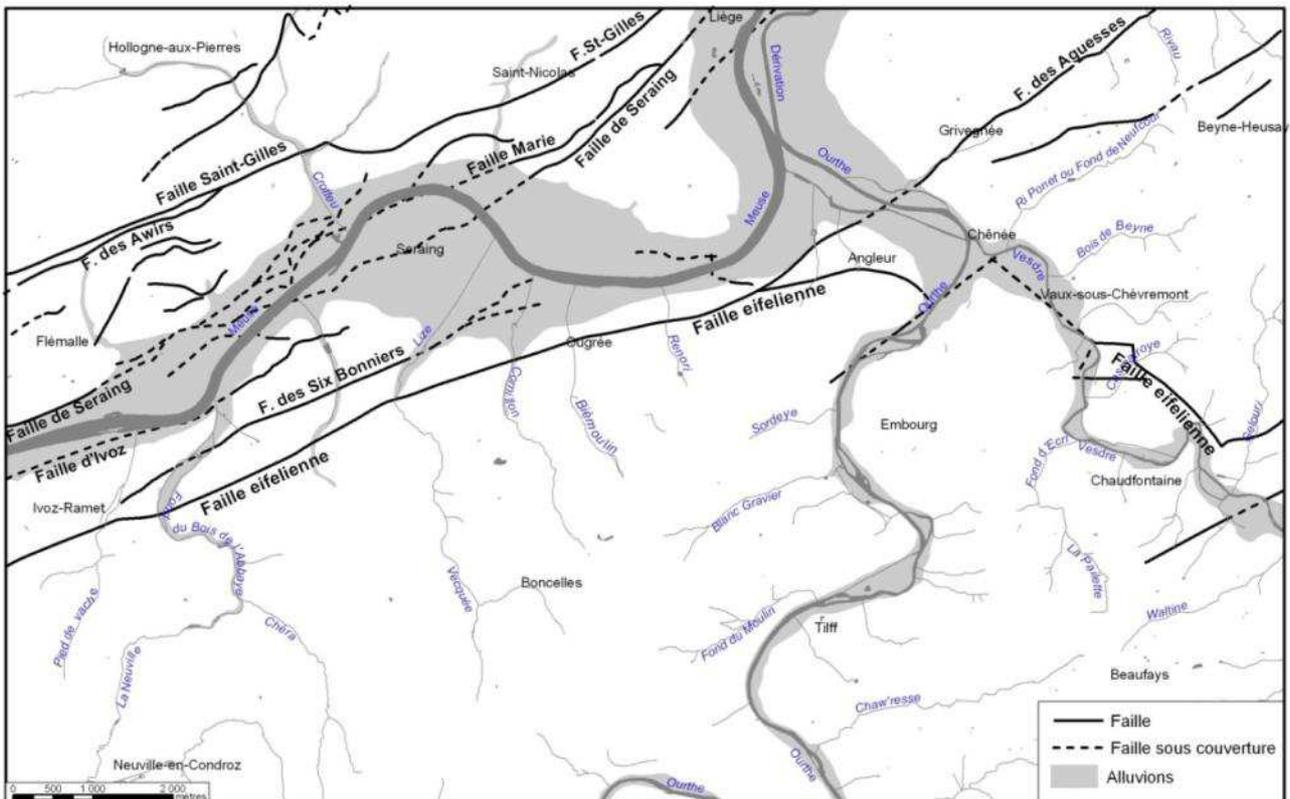


Figure III.3 : Schéma structural de la carte de Seraing-Chênée (Forir et Moulon, 1897)

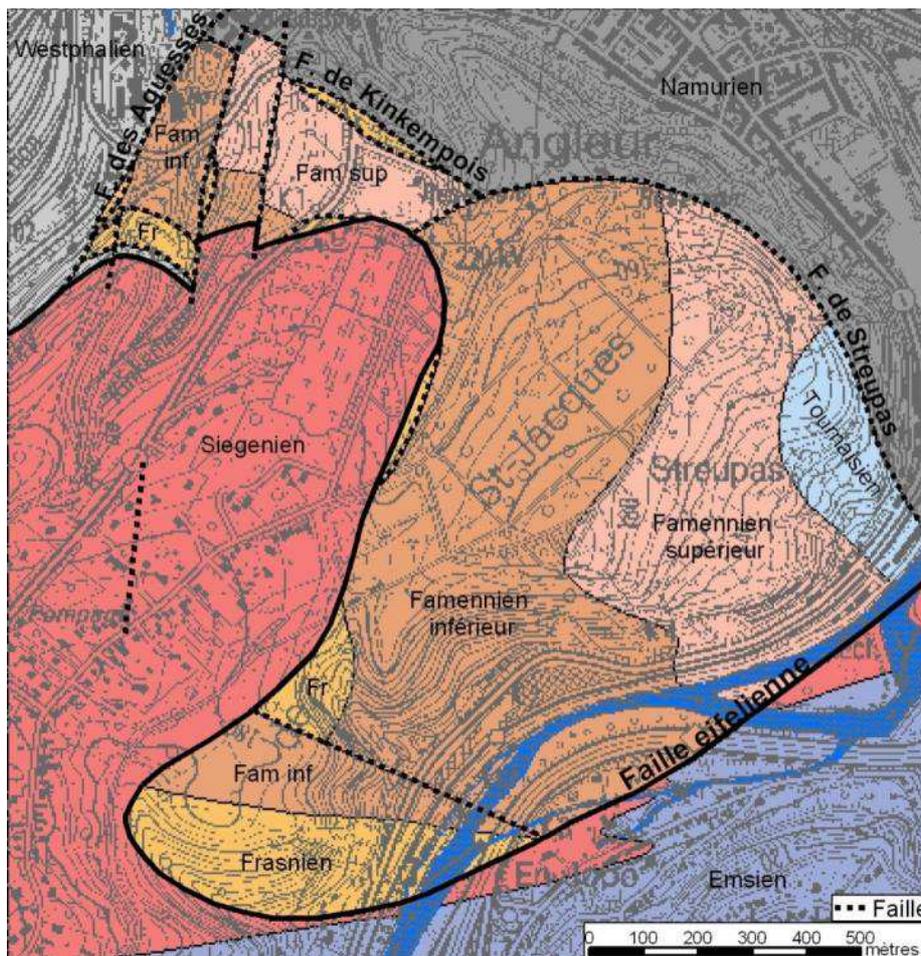


Figure III.4 : Lambeaux de poussées de Kinkempois et de Streupas  
Extrait de la carte géotechnique 42.6.3-Liège (Callebert et al, 1978)

### III.3. APPORTS DES NOUVELLES ETUDES GEOLOGIQUES

Depuis le levé géologique de la carte Seraing-Chênée par Forir et Murlon en 1897, les connaissances, les théories, les techniques en géologie ont progressé. De multiples observations nouvelles ont été faites, entre autres à la suite d'importants travaux de génie civil tels que la construction de l'autoroute des Ardennes (E25) ou l'établissement du campus universitaire au Sart-Tilman. De nombreux travaux de recherche et de synthèse ont été réalisés. Dans ce chapitre, sont présentées les principales données apportées au contexte géologique de la carte de Seraing-Chênée. Elles concernent le plateau de Bonnelles – Sart-Tilman et le promontoire Ourthe-Vesdre (Embourg-Beaufays). Depuis quelques années, il existe également un livret-guide sur la vallée de l'Ourthe entre Liège et Comblain-au-Pont. Il s'articule le long de la rivière en une balade géologique (Ek & al, 2004).

#### III.3.1. Zone du Sart-Tilman

Les grandes lignes de la géologie de la zone du Sart-Tilman sont abordées dans ce paragraphe, ainsi que les principales différences et apports majeurs par rapport à la carte géologique de 1897 (Calembert et al., 1964; Calembert et al., 1970; Calembert et al., 1974b; Calembert et al., 1975; Pel, 1980).

La figure III.5 reprend la carte géologique du Sart-Tilman dressée par Calembert & al (1964). Ses apports vis-à-vis de l'édition de 1897 concernent essentiellement le Dévonien inférieur (Eodévonien). Le découpage des couches géologiques est différent et plus précis, basé sur la nomenclature de l'époque (utilisation du Siegenien au lieu du Praguien actuellement). De nouveaux affleurements (suite à des travaux d'excavation) et de nombreux forages ont dicté des modifications dans le tracé des limites des formations géologiques. Le bed-rock paléozoïque du Sart-Tilman est masqué par les terrains de couverture sauf dans les profondes entailles des ruisseaux.

#### Stratigraphie

Des formations les plus anciennes au plus récentes, on a :

- Siegenien supérieur (Sg3) : formé en majorité de schistes, quartzites et grès micacés (psammites) lie de vin et bigarrés, accessoirement des schistes et quartzites verts et, des quartzites et grès micacés gris clair. Faciès septentrional "d'Acoz" ;
- Emsien inférieur (E1) : composé de quartzites gris ou verts et de schistes verts et lie de vin, plus quelques niveaux de poudingues. Faciès de "Wépion" ;
- Assise de transition entre l'Emsien inférieur et l'Emsien moyen et supérieur : marqué par la persistance d'horizons gréseux foncés et la nette prépondérance des schistes verts, avec des intercalations de grès et de quartzites et de schistes lie de vin. Epaisseur estimée à 50 m ;
- Emsien moyen et supérieur (E2-3) : ils n'ont pas pu être différenciés stratigraphiquement dans le domaine du Sart-Tilman. Néanmoins, deux niveaux lithologiques se distinguent :

- Assise inférieure (E2-3 inf) : formée grès, quartzites et schistes. Couche caractérisée par sa couleur lie de vin. Subdivisée en 5 sous-assises en fonction des proportions variables des différents types de roches (Tableau III.1) ;
- Assise supérieure (E2-3 sup) : composée de gros bancs de quartzites et de grès verts, gris, bruns. Au sommet, on a le poudingue de Burnot. Egalement subdivisée en 5 sous-assises (Tableau III.1) ;

**Tableau III.1 : Sous-assises de l'E2-3 supérieur et de l'E2-3 inférieur : pourcentages moyens des différents types de roches (Calembert et al, 1975)**

<u>Assise</u>	<u>Sous-assise</u>	<u>Grès</u>	<u>Grès schisteux</u>	<u>Schistes gréseux</u>	<u>Schistes</u>
E2-3 supérieur	5	42%	8%		50%
	4	82%	10%		8%
	3	41%	1%		58%
	2	75%	4%		21%
	1	71%	12%		17%
E2-3 inférieur	5	55%	25%	20%	
	4	66%	18%	16%	
	3	50%	17%	26%	7%
	2	52%	11%	28%	9%
	1	38%	11%	9%	42%

- Couvinien : schistes rouges. 17 m à Sainval, seulement quelques dizaines de centimètres à Colonster ;
- Givetien : poudingue à lentilles calcaires, calcaire, grès à ciment calcaire (macigno), grès grossier ;
- Frasnien : étage constitué de deux masses calcaires séparées par une intercalation de schiste calcaire et de calcschistes ;
- Famennien : sur le domaine du Sart-Tilman, schistes de Famenne ;
- Oligocène : sables avec un niveau graveleux parfois dédoublé contenant des cailloux de quartz et de silex. La surface du bed-rock est aussi recouverte sporadiquement de silex résiduels du Maastrichtien supérieur.
- Quaternaire : dépôts fluviatiles (terrasses de la Meuse et de l'Ourthe, voir cadre géomorphologique) et limons éoliens (loess) et limons de pente (colluvium).

### Tectonique

Le substratum du domaine du Sart-Tilman appartient au flanc nord du Synclinorium de Dinant. Un grand synclinal d'axe E-O affectant les couches de l'Emsien inférieur englobe toute la superficie du campus, avec un ennoyage prononcé vers l'est (Figures III.5 et III.6). L'Eodévonien de cette zone est affecté par une cinquantaine de plis parmi lesquels trois plis majeurs se distinguent (Pel, 1980). Du nord au sud, on observe :

- un pli synclinal passant dans le versant septentrional du ruisseau du Blanc Gravier ;

- un pli anticlinal passant à proximité du ruisseau du Parson et par la source du Blanc Gravier ;
- un pli synclinal, particulièrement bien connu dans le site du Rocher du Bout du Monde à Colonster.

Plusieurs bandes gréseuses plus tectonisées larges d'environ 200-300 m traversent d'ouest en est la zone Sart-Tilman – Bonnelles :

- l'affleurement des grès de Emsien 1 (largeur :  $\pm$  800 m), allant du Sartay à l'est aux Biens communaux à l'ouest ;
- la bande tectonisée dans les grès de l'E2-3, à proximité de l'axe synclinal septentrional, s'étend des Biens Communaux à Seraing à l'ouest jusqu'au confluent du Blanc Gravier et de l'Ourthe à l'est ;
- la bande tectonisée dans les grès de l'E2-3, à proximité de l'axe anticlinal, allant du ruisseau du Parson à l'est au Fort de Bonnelles à l'ouest ;
- la bande tectonisée dans les grès de l'E2-3, à proximité de l'axe synclinal méridional, depuis le confluent du ruisseau du Fond du Moulin et de l'Ourthe à l'est vers les Gonhis à l'ouest ;
- l'affleurement des grès de l'Emsien 1 entre Tilff et Plainevaux (flanc sud du vaste synclinal cité ci-dessus).

Quelques failles à faible rejet (1 à 2 m en moyenne) recoupent les bancs, elles appartiennent à deux réseaux principaux :

- failles subméridiennes subverticales engendrant de petits horsts et grabens ;
- failles inverses orientées sensiblement E-O à pendages conjugués 20 à 50 S ou N.

Figure III.5 : Carte géologique du Sart-Tilman

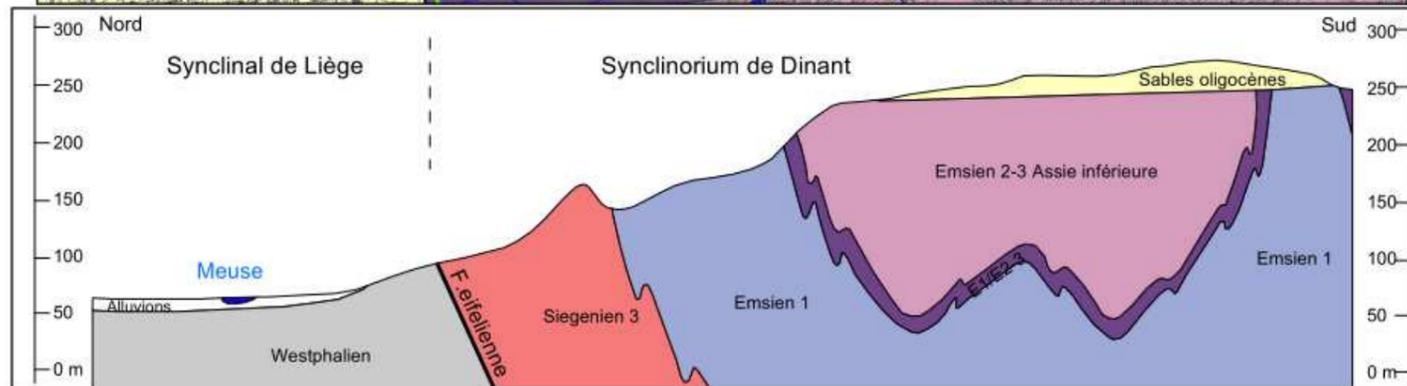
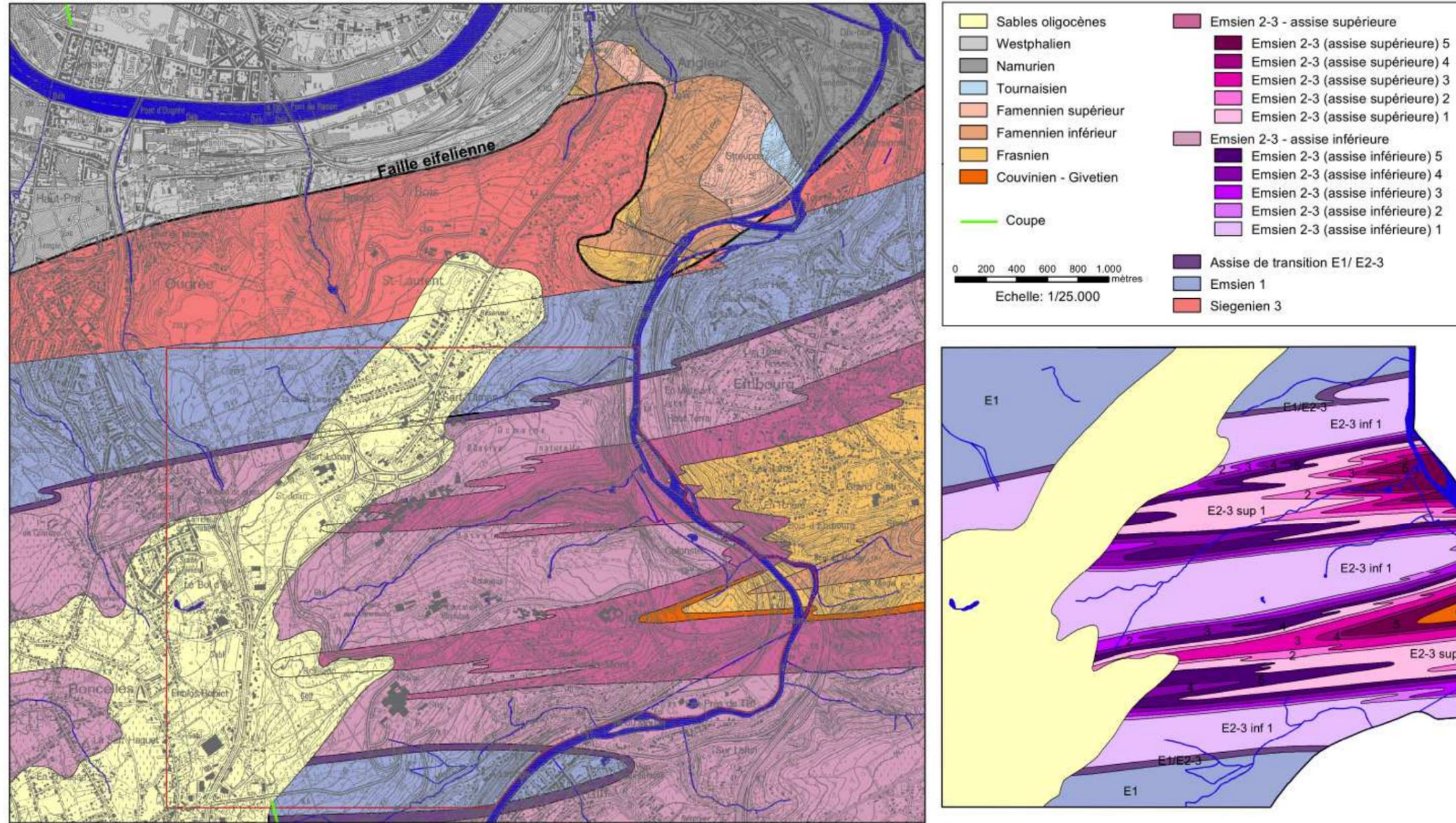


Figure III.6 : Coupe géologique

Sclessin-Ougrée-Bol d'Air-Bonnelles

Echelle verticale: 1/5.000  
 Echelle horizontale: 1/25.000  
 Exagération des hauteurs: X5

d'après Calembert, L., Pel, J. et Brumagne, D., 1964

Figure III.5 : Carte géologique du Sart-Tilman

Figure III.6 : Coupe géologique

### III.3.2. Zone entre Chênée et Beaufays

Ce paragraphe constitue un bref résumé de l'article de Vandenvén<sup>5</sup> (1978). Les travaux de l'autoroute des Ardennes ont apporté de nouveaux enseignements dans la compréhension du contexte structural régional et dans l'étude stratigraphique du Dévonien de la région située entre Chênée et Beaufays. Le cadre tectonique de cette zone est nettement plus complexe que ce que laissait apparaître l'ancienne carte géologique (Forir et Murlon, 1897). Plusieurs failles longitudinales reconnues le long de l'autoroute étaient déjà cartographiées dans la vallée de la Vesdre par Fourmarier et Geukens (les failles de Prayon, de Chaudfontaine, de Tilff, de Goby....). L'introduction de failles transversales verticales est une chose neuve pour la région. Ces failles sont orientées N10E à N10O et semblent affecter l'allure des formations géologiques du Paléozoïque.

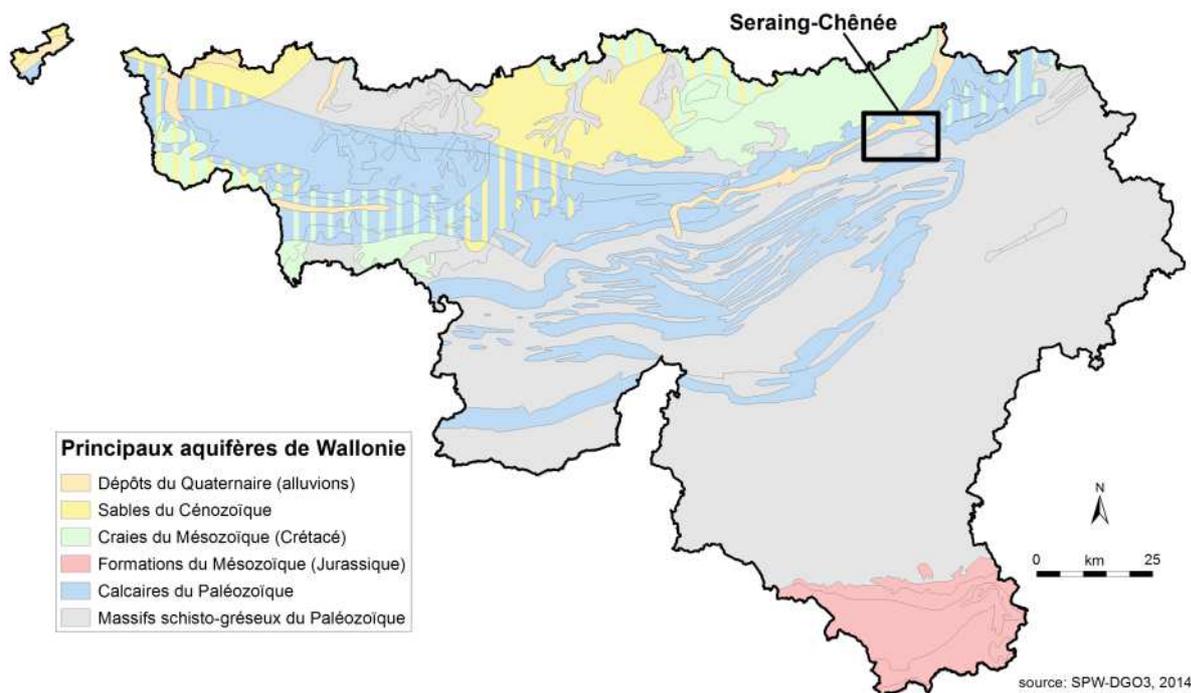
Le levé détaillé qui sera réalisé lors de l'établissement de la carte géologique (1/25.000) apportera encore sans doute de nouveaux éléments permettant de mieux comprendre la géologie complexe de cette zone, tant d'un point de vue stratigraphique que structural.

---

<sup>5</sup>Nous remercions vivement G.Vandenvén pour les explications et documents fournis sur la géologie de cette région lors de la réalisation de la première version de la carte hydrogéologique (2005).

## IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE

Les ressources en eau de la région de Seraing-Chênée sont essentiellement localisées dans les alluvions de la Meuse (et de l'Ourthe et de la Vesdre mais en moindre importance), dans les calcaires frasniens de Chaudfontaine-Embourg et dans les craies de Hesbaye. Les terrains schisto-gréseux du Houiller et du Dévonien moyen et inférieur sont exploités localement. Les sables oligocènes présentent des potentialités aquifères non négligeables, surtout au droit des dépôts de grande extension. Les limons quaternaires constituent une couche protectrice pour les nappes sous-jacentes. En période de forte pluviosité, on y observe parfois des petites nappes perchées et temporaires.



**Figure IV.1 : Principaux aquifères de Wallonie – Carte de Seraing-Chênée (SPW-DGO3, 2014; modifié)**

Quelle que soit la formation géologique, l'eau souterraine y est présente. Cependant, le comportement des eaux souterraines et la productivité sont fortement conditionnés par la nature et la structure de la roche dans laquelle l'eau est stockée. Ainsi, les formations géologiques sont regroupées/subdivisées en fonction de leurs caractéristiques hydrodynamiques. Trois termes sont utilisés pour décrire les unités hydrogéologiques selon le caractère plus ou moins perméable des formations (Pfankuch, 1990; UNESCO-OMM, 1992) :

- **Aquifère** : formation perméable contenant de l'eau en quantités exploitables ;
- **Aquitard** : formation semi-perméable permettant le transit de flux à très faible vitesse et rendant la couche sous-jacente semi-captive ;
- **Aquiclude** : couche ou massif de roches saturées de très faible conductivité hydraulique et dans lequel on ne peut extraire économiquement des quantités d'eau appréciables.

Ces définitions, assez subjectives, sont à manipuler avec précautions. Elles sont utilisées ici afin de renseigner, à une échelle régionale, le caractère globalement perméable, semi-perméable ou peu perméable d'un ensemble de couches géologiques. Elles donnent une idée du potentiel d'exploitation des différentes unités hydrogéologiques. 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 termes d'aquitard sur une autre carte (raisonnement par carte).

Il est important de noter également qu'une grande partie des différentes formations exposées sur le territoire couvert par la carte sont constituées de roches cohérentes dont le potentiel hydrogéologique dépend fortement du degré de fracturation-fissuration et/ou d'altération. Les failles, fréquemment minéralisées, peuvent constituer, selon la nature de leur remplissage, des zones de circulation préférentielles des eaux souterraines.

## **IV.1. DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES**

Au sein des roches cohérentes, la fissuration et l'altération peuvent modifier leur perméabilité. La fracturation va créer un réseau de fissures (failles, diaclases, ...) favorisant la circulation de l'eau. L'altération des roches induit des comportements différents selon leur lithologie. Trois comportements principaux se présentent.

- la roche est un carbonate: l'altération entraîne une dissolution de la roche et un agrandissement du réseau de fractures existant. La perméabilité est augmentée.
- la roche est un grès ou un quartzite: l'altération donne du sable, ce dernier présente une plus grande porosité efficace et la perméabilité est donc augmentée.
- la roche est un shale/schiste: l'altération donne une argile qui colmate le réseau de fractures. La perméabilité est diminuée.

Les unités hydrogéologiques définies sur la carte Seraing-Chênée sont décrites ci-dessous dans l'ordre stratigraphique. Elles sont reprises de manière synthétique en fin de chapitre (Tableau IV.1).

### **IV.1.1. Unités hydrogéologiques du Dévonien**

Dix unités hydrogéologiques sont définies parmi les terrains du Dévonien affleurant sur la carte Seraing-Chênée. Elles occupent environ la moitié de la zone cartographiée (sud).

#### ***IV.1.1.1. Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur***

Cette unité hydrogéologique se compose de grès micacés (psammites), de schistes, de poudingues, de siltites ou grès fossilifères décalcifiés (grauwackes) et de niveaux de grès. Elle présente des potentialités aquifères intéressantes à l'échelle locale, justifiant son appellation en termes d'aquitard à niveaux aquifères. Dans la région étudiée, le Burnotien (Bt) ainsi que le

Coblencien moyen (Cb2) sont regroupés dans cette unité. Le poudingue de Burnot (Burnotien) peut localement contenir un niveau aquifère, en fonction du ciment qui le compose.

#### ***IV.1.1.2. Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur***

Formée par l'Assise supérieure du Coblencien (Cb3) sur la carte de Seraing-Chênée, cette unité hydrogéologique présente une alternance de niveaux aquifères (grès) et de niveaux aquicludes (schistes). Les horizons gréseux, fracturés et altérés peuvent présenter des caractéristiques hydrogéologiques intéressantes.

#### ***IV.1.1.3. Aquitard de l'Eifelien***

Cette unité hydrogéologique reprend les terrains du Couvinien, constitués dans la région étudiée de grès, de grès micacés, de grès à ciment calcaire, de schistes et de poudingues. Les perméabilités au sein de cet ensemble peuvent varier fortement d'un niveau à l'autre, justifiant globalement leur classification en termes d'aquitard.

#### ***IV.1.1.4. Aquifère des calcaires du Frasnien***

Les calcaires frasniens renferment un aquifère de fissures qui est localement karstifié, comme en témoigne les nombreux phénomènes karstiques observés sur la carte. Il correspond aux étages frasnien et givetien cartographiés en 1897 par Forir et Mourlon. Comme l'a établi Fourmarier (1910a & b), la masse principale des calcaires givetiens appartiendrait en effet au Frasnien et non au Givetien.

D'une manière générale, cet aquifère karstique est alimenté selon deux modes de recharge distincts :

- par infiltration diffuse et retardée des eaux météoriques à travers la couverture de limons ;
- par infiltration concentrée et rapide via les pertes karstiques. L'eau de ces pertes a pour origine, d'une part, les sources de débordement de la nappe des grès du Famennien et, d'autre part, le ruissellement sur les terrains calcaires eux-mêmes ou sur les terrains schisto-gréseux environnants.

Cette unité constitue une des importantes réserves en eau souterraine de la région. Dans la région d'Embourg-Chaufontaine, cet aquifère présente la particularité de contenir une nappe thermo-minérale. Il s'agit de la seule eau minérale chaude de Belgique impliquant des sources à la surface. Cette spécificité sera abordée en détail dans le chapitre consacré à l'hydrogéologie régionale.

#### ***IV.1.1.5. Aquiclude du Frasnien***

Cette unité, formée de schistes assez souvent noduleux, correspond au sommet du Frasnien. Elle constitue, avec l'Aquiclude du Famennien, une barrière peu perméable séparant l'aquifère sous-jacent des calcaires du Frasnien et l'aquifère supérieur des grès du Famennien.

Sur la carte Seraing-Chênée, cet aquiclude correspond à l'assise Fr1m définie dans la carte géologique de 1897. Celle-ci n'est pas cartographiée sur l'ensemble de la région cartographiée, notamment dans la zone située au sud de Tilff et au niveau du lieu-dit La Brouck, à l'est de Chaudfontaine, où elle est fusionnée avec les schistes sus-jacents du Famennien inférieur. La distinction des aquicludes famenniens et frasniens, qui n'est donc pas réalisée dans ces deux zones, a pour seul but de garder la structure géologique visible sur la carte. Ces deux unités adjacentes possèdent en effet un comportement hydrogéologique similaire.

#### ***IV.1.1.6. Aquiclude du Famennien***

L'aquiclude famennien correspond aux schistes, schistes noduleux et grès micacés de l'Assise de Mariembourg-Senzeilles (Fa1 b-a). Comme mentionné dans le paragraphe précédent, cette unité comprend localement les schistes du sommet du Frasnien et forme, avec l'aquiclude frasnien, une barrière peu perméable au contact de laquelle la nappe sus-jacente des grès famenniens se déverse de manière diffuse ou via des sources temporaires ou pérennes vers les calcaires frasniens.

#### ***IV.1.1.7. Aquitard du Famennien***

L'aquitard famennien reprend les grès micacés stratoïdes et schistoïdes de l'assise d'Esneux (Fa1c) et les grès à ciment calcaires et schistes noduleux de l'Assise de Souverain-Pré (Fa2a). Sur la majorité de la carte, ces derniers ne sont cependant pas distingués des autres assises gréseuses du Famennien et sont dès lors incorporés dans l'aquifère des grès du Famennien. Seule une fine bande de Fa2a est répertoriée à l'extrémité orientale de la carte Seraing-Chênée, près du lieu-dit La Rochette. Cette unité reprise comme aquitard peut néanmoins présenter des potentialités intéressantes mais locales, lorsque le degré d'altération et de fissuration le permet.

#### ***IV.1.1.8. Aquifère des grès du Famennien***

Le sommet du Dévonien est caractérisé par un ensemble de roches gréseuses (Assises de Monfort, Evieux et Comblain-au-Pont) qui, en fonction de leur degré d'altération et de fissuration, peuvent contenir un aquifère. La perméabilité de ces terrains est de deux types: une perméabilité d'interstices, développée dans la frange altérée et une perméabilité de fissures correspondant aux réseaux de fracturation, en profondeur. La nature sableuse de l'altération superficielle confère, en général, à ces aquifères une bonne capacité de filtration et garantit une eau de qualité.

### **IV.1.2. Unités hydrogéologiques du Carbonifère**

Deux unités hydrogéologiques sont définies parmi les terrains du Carbonifère affleurant sur la carte Seraing-Chênée. Elles occupent un peu moins de la moitié de la superficie de la carte (nord).

#### ***IV.1.2.1. Aquifère des calcaires du Carbonifère***

Les calcaires du Carbonifère forment un aquifère de fissures pouvant être localement karstifié. Sur la carte de Seraing-Chênée, ces formations carbonatées représentent davantage une ressource minérale qu'une ressource en eau souterraine. Dans la région de Flémalle et d'Ivoz-Ramet, plusieurs carrières exploitent les calcaires carbonifères, pour la fabrication de chaux et accessoirement de moellons.

Comme déjà signalé dans le paragraphe sur l'aquifère des calcaires du Frasnien, d'une manière générale, les nappes calcaires karstiques sont alimentées selon deux modes distincts:

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

Dans la partie est de la carte, la nappe logée dans les calcaires du Carbonifère peut aussi être alimentée par le débordement de la nappe des grès du Famennien. Les eaux des grès décalcifiés du Famennien sont agressives vis-à-vis des calcaires et génèrent des poches de dissolution dans les zones de débordement préférentiel de la nappe des grès.

#### ***IV.1.2.2. Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller***

Les schistes, grès et quartzites du Houiller sont peu perméables en petit. Ils ne contiennent de l'eau récupérable que dans les fissures ouvertes des bancs de grès et de quartzites tectonisés et fracturés, les fractures dans les schistes étant généralement colmatées par un remplissage argileux.

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

En région liégeoise, le socle houiller a vu son potentiel aquifère augmenter dans les zones d'anciennes exploitations minières. Les travaux d'excavation et d'exploitation du charbon ont en effet induit une fracturation de la roche autour des zones d'extraction, ce qui a entraîné une augmentation de la perméabilité du sous-sol. En outre, les réseaux de galeries et de puits anciennement creusés, de par leur effet de drain, forment aujourd'hui des axes d'écoulement préférentiel dans le sous-sol. En diminuant les qualités géomécaniques des terrains, la fracturation de la roche a conduit, en contrepartie, à un risque d'affaissements miniers.

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 habituellement trois zones (Monjoie et Polo-Chiapolini, 1973) :

- 1.zones non exploitées en terrains schisteux ou gréseux compacts : la perméabilité est faible ou nulle : 0 à 10 unités Lugeon ( $< 1,5-2 \times 10^{-6}$  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 et pouvant parfois être supérieure à 200 unités Lugeon ( $> 3-4 \times 10^{-5}$  m/s) ;
- 3.zones exploitées (travaux miniers) : la perméabilité varie irrégulièrement en fonction de la lithologie et de l'importance des tassements miniers et peut atteindre des valeurs élevées (30 à 50 UL ou 6 à  $10 \times 10^{-6}$  m/s), principalement dans les plis et les murs des couches de charbon.

Au cours des XIXe et XXe siècles, le niveau de la nappe présente dans le socle houiller du bassin liégeois a été abaissé par les exhaures nécessaires à l'extraction profonde du charbon, passant

sous le niveau des premières galeries horizontales creusées dans les versants de la vallée de la Meuse. Depuis la fermeture des dernières mines et l'arrêt des pompages dans les années 70, le niveau de la nappe a subi une remontée progressive, qui a rendu aux galeries horizontales de versant de vallée leur rôle de drain du massif houiller (Dassargues et al, 2014b).

### **IV.1.3. Unités hydrogéologiques du Mésozoïque**

Deux unités hydrogéologiques sont définies parmi les terrains du Crétacé présents sur la carte Seraing-Chênée. Elles sont le plus souvent surmontées d'une couverture cénozoïque, si bien qu'elles n'affleurent que sur une très faible portion de la carte (NO et NE).

#### ***IV.1.3.1. Aquiclude des marnes du Campanien***

L'aquiclude des marnes campaniennes est formé d'une couche peu épaisse d'argile très peu perméable, appelée autrefois smectite de Herve. Elle forme la base de l'aquifère sus-jacent des craies du Crétacé. De nombreuses sources sont d'ailleurs observées au contact de ces deux unités hydrogéologiques.

#### ***IV.1.3.2. Aquifère des craies du Crétacé***

Dans la région de Seraing-Chênée, deux nappes distinctes sont logées dans les craies du Crétacé :

- la nappe des craies de Hesbaye, au nord-ouest de la carte ;
- la nappe des craies du Pays de Herve, au nord-est de la carte.

Ces nappes présentent, approximativement, les mêmes propriétés et caractéristiques hydrogéologiques mais ne sont pas en contact car séparées par la vallée mosane. Leur mur est formé par l'aquiclude des marnes du Campanien.

Ces aquifères présentent une double porosité : porosité de pores et porosité de fissures. La porosité et la perméabilité sont essentiellement déterminées par la fracturation et varient fortement d'un endroit à l'autre (aussi bien verticalement qu'horizontalement) (Dassargues et Monjoie, 1993).

### **IV.1.4. Unités hydrogéologiques du Cénozoïque**

#### ***IV.1.4.1. Aquifère des sables de l'Oligocène***

Sur la carte Seraing-Chênée, les lambeaux de sables oligocènes contiennent des petites nappes, souvent perchées, alimentant quelques ruisseaux. Leur réserve en eau est fonction de leur extension et de leur puissance (de 0 à 12 m d'épaisseur). Lorsque les terrains sous-jacents sont suffisamment perméables (craies ou bed-rock altéré et fissuré), la nappe des sables participe à l'alimentation des nappes sous-jacentes.

Des analyses de porosité et de perméabilité réalisées sur les sables du Cénozoïque de Boncelles ont donné les résultats suivants (Monjoie, 1970) :

- porosité totale comprise entre 33 et 60 % avec une moyenne de 47 %;

- conductivité hydraulique comprise entre  $7 \times 10^{-5}$  et  $1 \times 10^{-7}$  m/s.

#### **IV.1.4.2. Aquitard limoneux**

Bien que non cartographiés sur la carte géologique, les limons (loess) participent au contexte hydrogéologique d'une région. Ces dépôts éoliens, 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 et est moins importante voir absente sur les versants et dans les fonds de vallée.

#### **IV.1.4.3. Aquifère alluvial**

Les alluvions composées principalement par des sables et graviers roulés offrent des potentialités aquifères intéressantes, si leur extension le permet. Cet aquifère est alimenté par les eaux pluviales (alimentation localement réduite par l'imperméabilisation urbaine de la plaine), par les nappes sises dans les versants, ainsi que par la nappe du bed-rock sous-jacent, le niveau piézométrique de cette dernière étant souvent légèrement supérieur à celui de la nappe alluviale. D'autre part, on peut supposer également un flux entre la nappe et la rivière, si celle-ci n'est pas canalisée par des murs imperméables.

Comme mentionné auparavant (section III.2), 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 (Dassargues et al, 2014a). La conductivité hydraulique (K) de la nappe alluviale de la Meuse est de l'ordre de 2 à  $4 \times 10^{-3}$  m/s, avec des axes de drainage où K vaut 9 à  $10 \times 10^{-3}$  m/s et des secteurs peu perméables où K tombe à  $0,4 \times 10^{-3}$  m/s (Calembert et al, 1974a).

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

Les formations graveleuses des terrasses fluviales peuvent aussi localement et temporairement contenir de petites nappes perchées, alimentées par les eaux de précipitation et l'apport des nappes des versants. L'exutoire de ces nappes correspond à la base aval de la terrasse, limitant fortement la capacité de stockage.

#### **IV.1.4.4. Nappe des remblais**

Par remblais, on entend des dépôts de matériaux "inertes" divers (argile, gravier, sable, matériaux de construction) mais aussi déchets. Dans ces dépôts anthropiques, de petites zones saturées, souvent temporaires, peuvent se créer. Ce type d'unité hydrogéologique est souvent lié à des sites pollués.

Lorsque ces remblais sont saturés, le terme 'nappe' est utilisé pour bien faire la distinction entre les aquifères, aquitards, aquicludes 'naturels'. Cette nappe des remblais est, en effet, issue d'un remaniement de terrain.

Bien que non cartographié, ces dépôts sont assez fréquents sur la carte Seraing-Chênée, spécialement dans la vallée de la Meuse, où l'intense activité industrielle du siècle passé a créé de nombreuses zones de terrains remaniés et, le plus souvent, pollués.

**Tableau IV.1 : Tableau de correspondance entre la géologie et l'hydrogéologie – Seraing-Chênée**

Ere	Système	Série	Etage	Assise	Lithologie	Abréviation	Hydrogéologie
Cénozoïque	Quaternaire			Formations anthropiques	remblais, décharges, terriils	X	Nappe des remblais (non cartographié)
		Holocène			alluvions modernes, dépôts limoneux, éboulis de pente	alm, ale, e	Aquifère alluvial
		Pléistocène	Hesbayen		cailloux, gravier, limon	q3o, q3n, q3m	Aquitard limoneux (non cartographié)
	Campinien			cailloux ardennais et cailloux de silex	q2m		
	Paléogène	Oligocène			cailloux de quartz blanc - glaises plastiques - grès locaux	Onx, Ona, Ong	Aquifère des sables de l'Oligocène
Mésozoïque	Crétacé	Sénonien			conglomérat à silex - silex épars	Sx	Aquifère des craies du Crétacé
			Campanien	Nouvelles	craie blanche, parfois avec silex, craie glauconifère	Cp3	
			Herve	argile marneuse	Cp2	Aquiclude des marnes du Campanien	
						grès, grès micacés et schistes - houilles variées	H2
Houiller	Moyen			grès souvent feldspathiques, grès micacés, schistes - houille maigre et téroule	H1b		
	Inférieur			ampélite à nodules calcaires - sans houille	H1a		
Carbonifère	Viséen	Visé			calcaire, souvent très compact, parfois grenu	V2b	Aquifère des calcaires du Carbonifère
					calcaire à grins cristallins - calcaire oolithique	V2a	
		Dinant			dolomie	V1y	
					dolomie	Ty	
	Tournaisien						
Paléozoïque	Supérieur	Famennien	Comblain-au-Pont		alternance de calcaire, de schistes et de grès à ciment calcaire	Fa2d	Aquifère des grès du Famennien
			Evieux		grès micacés, schistes, grès à ciment calcaire, schistes noduleux	Fa2c	
			Monfort		grès micacés massifs à pavés, avec couches stratoïdes vers le bas	Fa2b	
			Souverain-Pré		grès à ciment calcaire ou schistes noduleux, avec grès micacés et schistes vers le haut	Fa2a	Aquitard du Famennien
			Esneux		grès micacés stratoïdes et schistoïdes	Fa1c	Aquiclude du Famennien
			Mariembourg-Senzeilles		schistes, schistes noduleux, grès micacés	Fa1b-a	
	Dévonien	Frasnien			schistes divers assez souvent noduleux	Fr1m	Aquiclude du Frasnien
					calcaire stratifié, calcaire massif avec intercalation de calcschistes - à la base, schistes fins à oligiste	Fr	Aquifère des calcaires du Frasnien
	Moyen	Givetien			dolomies gréseuses - conglomérat	Gva-b	Aquitard de l'Eifelien
					grès, schistes et grès à ciment calcaire	Cob	
		Couvinién (Eifelien)			schistes, grès micacés, grès et poudingue à ciment clair de Tailfer	Coa	
Inférieur	Burnotien (Emsien)			schistes et grès - poudingue de Burnot	Bt	Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	
		Coblencien (Emsien - Praguien)			grès de Wépion, avec schistes	Cb3	Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur
					schistes, grès micacés, grauwacke et grès d'Acoz	Cb2	Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

## IV.2. DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE DE LA CARTE

La carte Seraing-Chênée est marquée par la grande diversité des unités hydrogéologiques qui forment son sous-sol. Ces unités possèdent en effet des propriétés (type de porosité, extension et qualité de la ressource) très différentes, qui empêchent la définition d'entité hydrogéologique plus large.

A l'extrémité nord-ouest de la carte, la nappe des craies de Hesbaye forme une ressource en eau d'importance majeure à l'échelle régionale, utilisée pour l'alimentation publique de Liège et son agglomération (environ 450 000 personnes). Plus au sud, les nappes alluviales de la Meuse, et dans une moindre mesure de l'Ourthe et de la Vesdre, constituent également une réserve d'eau d'extension importante mais de qualité moindre, exploitée principalement à des fins industrielles. Le socle dévonien de la partie sud de la carte est caractérisé par la présence d'aquifères de plus faible extension et/ou partitionnés par des horizons aquicludes, au potentiel de production plus limité. L'aquifère des calcaires frasniens se distingue tout de même par l'existence en son sein d'une nappe thermo-minérale, qui est exploitée à Chaudfontaine pour la mise en bouteille de volumes importants et pour les activités de soins (centre thermal). Cet aquifère est, de plus, caractérisé par des phénomènes karstiques bien développés. Des lambeaux de sables oligocènes, recouvrant en partie les sommets de la carte, peuvent aussi contenir temporairement des nappes perchées aux potentialités non-négligeables, notamment sur le plateau de Bonnelles – Sart-Tilman.

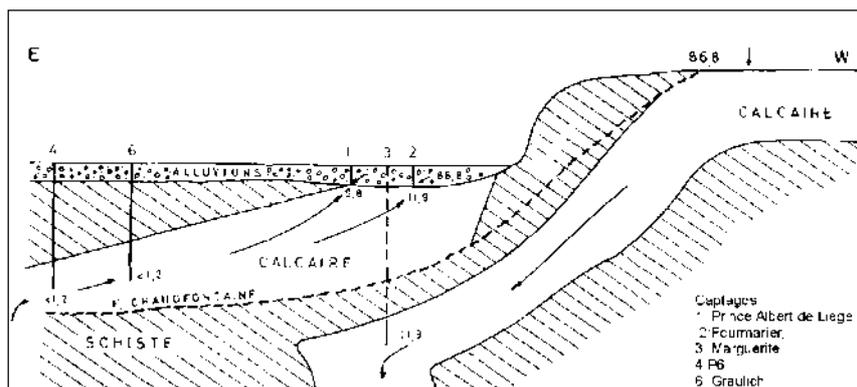
Cette partie de la notice aborde le fonctionnement des différentes unités hydrogéologiques décrites précédemment. L'ordre suivi respecte l'importance des unités du point de vue de leur production d'eau potable et/ou industrielle ainsi que de leur extension sur la carte étudiée. En l'absence de données précises, les principales informations relatives à l'hydrogéologie régionale sont déduites des observations cartographiques et de terrain, tant géologiques que géomorphologiques. Les phénomènes karstiques observés au sein des calcaires dévoniens sont aussi décrits dans ce chapitre.

### IV.2.1. Aquifère des calcaires du Frasnieu

Dès 1676, la nappe thermo-minérale de Chaudfontaine a suscité l'intérêt. Cinquante ans plus tard, en 1725, les premiers établissements thermaux ont vu le jour à Chaudfontaine (Ruthy & Cornet, 2014). Cette nappe thermo-minérale logée dans les calcaires frasniens de la région de Chaudfontaine se caractérise par des venues d'eau bicarbonatée calcique d'une température comprise entre 30 et 40°C. Ces venues d'eaux sont localisées dans une zone limitée de l'aquifère située autour de la commune de Chaudfontaine. Les calcaires frasniens y sont affectés par un pli anticlinal et situés dans le massif charrié au-dessus de la Faille eifélienne. Cette faille affleure quelques kilomètres au nord et se trouve à 300-400 m de profondeur dans la zone thermale. Deux hypothèses ont été émises par Fourmarier (1955) pour expliquer l'origine des eaux thermales de Chaudfontaine :

1. Eaux juvéniles<sup>6</sup> : l'eau proviendrait de sources profondes en relation lointaine avec les phénomènes volcaniques de l'Eifel, en Allemagne. Cette hypothèse a été abandonnée par la suite.
2. Eaux météoriques : l'eau proviendrait de la surface et se réchaufferait lors de son parcours en profondeur.

Cette seconde hypothèse a été confirmée par des analyses isotopiques de l'O<sup>18</sup> et du deutérium (Graulich, 1983). Des datations au tritium effectuées sur les eaux captées ont également confirmé qu'il s'agissait d'eaux anciennes au long parcours souterrain (teneurs inférieures à 1,2 unités tritium, TU<sup>7</sup>). Sur la coupe de la figure IV.2 sont reprises les teneurs en tritium, évaluées en TU, dans les différents captages de Chaudfontaine. Très variables, elles sont comprises entre 86,8 et moins de 1,2 TU. Les eaux les plus anciennes, donc ayant fait le trajet souterrain le plus long, passent aux puits P6 et Graulich (TU < 1,2). Puis, en allant vers l'ouest, ces eaux se mélangent légèrement aux eaux superficielles (TU = 86,8) (Graulich, 1983). Les venues d'eau en surface subissent une dilution par les eaux plus récentes, entraînant des baisses de températures jusque 30°C et un contenu en tritium plus élevé (10 à 12 TU aux puits Albert et Fourmarier).



**Figure IV.2 : Coupe géologique schématisée avec les différents captages et leur teneur en tritium (Graulich, 1983)**

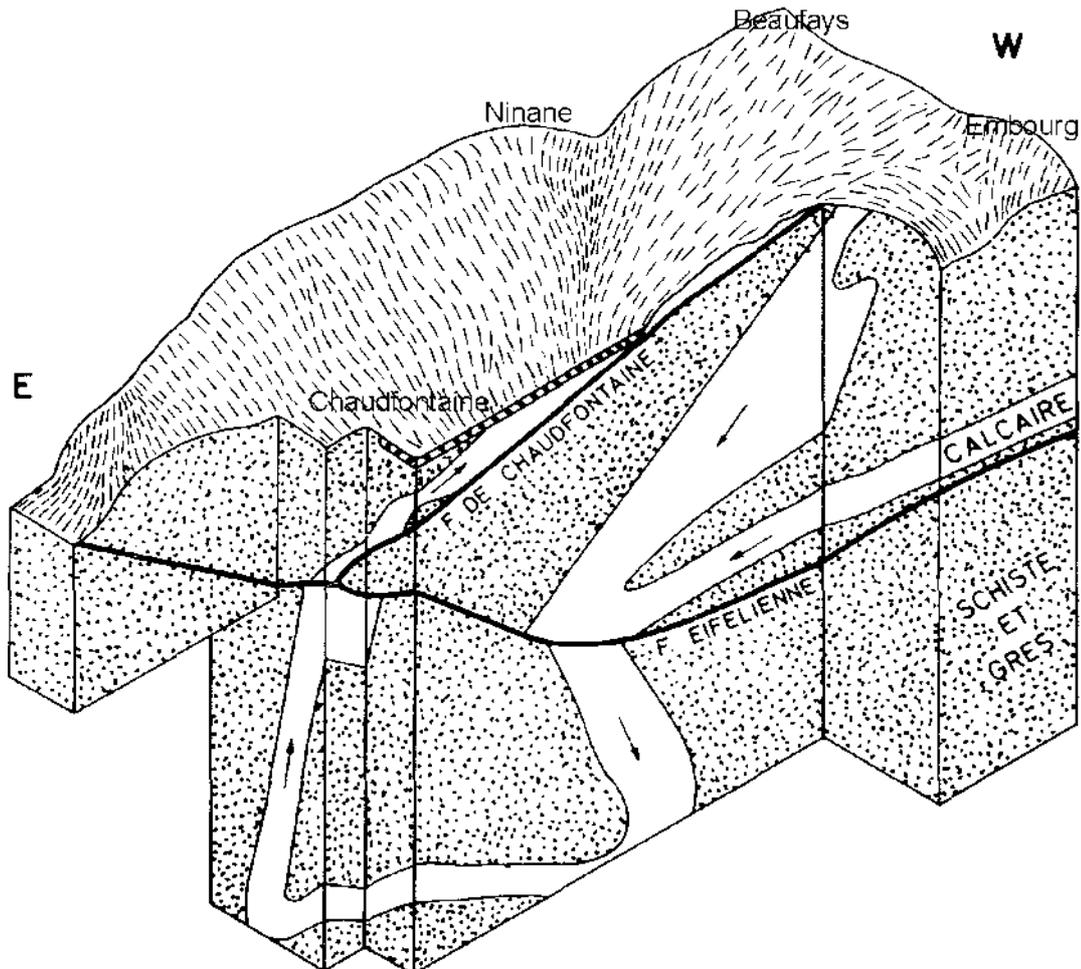
La température maximale atteinte par les eaux de Chaudfontaine a été estimée à 50°C, par géothermomètre basé sur la teneur en quartz. Compte tenu du gradient thermique dans la région, cela signifie que les eaux d'infiltration descendent jusqu'à une profondeur de plus 1500 m avant de remonter vers la surface. Cette grande profondeur peut s'expliquer par le jeu de la Faille eifélienne, qui met en contact, dans une zone limitée autour de Chaudfontaine, les calcaires frasniens du massif ardennais charrié sur les dressants carbonifères du Massif de Herve. L'eau qui s'infiltré dans le massif calcaire frasnien affleurant sur les hauteurs d'Embourg peut ainsi le traverser pour rejoindre le réseau karstique formé dans les calcaires carbonifères sous-jacents et atteindre une profondeur de 1500-1600 m. Cette eau chaude, chargée de CO<sub>2</sub> et au pouvoir ascendant, remonte alors par une autre partie du réseau karstique dans les calcaires du

<sup>6</sup> Juvénile: se dit d'une eau qui a une origine profonde (volcanique ou magmatique) et qui ne provient pas des précipitations ou de la condensation

<sup>7</sup> Les eaux dont la teneur en tritium (isotope de l'hydrogène: <sup>3</sup>H) est inférieure à 1,2 unités ont parcouru un trajet souterrain d'au moins 25 ans, le tritium ayant une demi-vie de 12,3 années

Carbonifère puis du Frasnien, via la Faille eifélienne, pour enfin arriver en surface à Chaudfontaine (Figure IV.3). Cette circulation d'eau chaude a modifié au cours des siècles la température des terrains ambiants, créant l'anomalie géothermique observée à Chaudfontaine (Graulich, 1983).

Les calcaires frasniens étant ceinturés par des terrains essentiellement schisteux, aussi bien autour de la zone d'infiltration de la nappe qu'en profondeur, les eaux infiltrées ne peuvent que descendre via le réseau karstique et à la faveur d'une zone faillée.



**Figure IV.3 : Bloc-diagramme illustrant la circulation des eaux en profondeur (Graulich, 1983)**

Hormis dans la région de Chaudfontaine, les calcaires frasniens sont aussi présents dans la zone située entre Esneux et Bonnelles, où ils forment deux plis synclinaux dont l'axe s'oriente selon une direction OSO-ENE. Cette zone est marquée par un grand nombre de pertes et résurgences, qui témoignent de la forte karstification des calcaires.

#### Phénomènes karstiques

Selon l'atlas du Karst Wallon (CWE PSS, 1996), 59 pertes actives et résurgences sont répertoriées sur la carte Seraing-Chênée. Une seule perte est localisée dans les calcaires carbonifères, à proximité de La Rochette près de Chaudfontaine. Les 58 autres phénomènes identifiés sont liés à la karstification des calcaires frasniens.

Le vallon de Beauregard, en rive gauche de l'Ourthe, compte, à lui seul, 19 pertes (Figure IV.4). Tous ces points d'infiltration préférentielle ne sont cependant pas actifs en permanence et certains ne recueillent l'eau de ruissellement qu'en période de fortes précipitations. Quelques autres points ne sont eux plus actifs aujourd'hui, soit du fait de l'apparition d'une autre perte plus en amont, soit parce que le conduit d'infiltration a été rebouché en surface. Ces points ne sont pas repris sur la carte.

Plusieurs essais de traçage ont été menés dans le vallon de Beauregard (Calembert et Monjoie, 1973 ; Schoonbroodt, 2001 ; Meus, 2005, communication orale). Les résultats de ces essais ont montré une réapparition du traceur à la résurgence de Monceau et indiquent donc un écoulement en direction du nord-est selon l'axe du synclinal. Ceci montre une influence importante de la direction des bancs OSO-ENE sur le développement des conduits karstiques et l'écoulement souterrain. Les caractéristiques des essais menés en 2005 sont reprises dans le tableau IV.2. A l'extrémité sud-ouest du vallon, une injection réalisée à la Douxhe de la Croisette a produit une réapparition du traceur à la résurgence de la Roche aux Faucons (Figure IV.4).

**Tableau IV.2 : Résultats du multi-traçage de Beauregard (mars 2005)**

	<b>Triple Douve</b>	<b>Chantoir de Nomont</b>	<b>Douve n°5 de Famelette</b>
<u>Traceur</u>	<u>Uranine (150 g)</u>	<u>Sulforhodamine B (300 g)</u>	<u>Naphthionate (500 g)</u>
Trajet estimé (m, sinuosité 1,25)	2,174	1,730	1,025
Vitesse maximale (m/h)	204	117	103
Vitesse modale (m/h)	96	65	56
Taux de restitution (%)	100	71	37
Macro-dispersivité (m) (à l'échelle de l'essai)	56	26	92
Volume estimé du drain (m <sup>3</sup> )	3,087	2,481	3,012

En face du vallon de Beauregard, en rive droite de l'Ourthe, se trouve le système karstique Chawresse – Véronika – Sainte-Anne. Le ruisseau de la Chawresse, qui prend sa source à Beaufays, se perd progressivement dans le massif calcaire frasien (Figure IV.4). L'importance des pertes est telle que le ruisseau n'atteint pas l'Ourthe par son lit en surface (sauf lors de fortes crues). Ce massif calcaire contient plusieurs cavités dont la grotte Ste-Anne, l'abîme de la Chawresse, la grotte Véronika, le trou des Manants. Des campagnes de traçages ont été réalisées sur ce site, haut lieu de spéléologie (Vanderlinden, 1986; CWEPSS, 1996-2015). Des échantillons d'eau du ruisseau de la Chawresse et de la grotte Ste-Anne ont également été prélevés, en août 1995, en vue de détecter la présence de certains polluants (détergents, ammoniacque, nitrites, nitrates). Cette campagne, réalisée en période d'étiage, a montré que les eaux sont polluées depuis le ruisseau de surface aux résurgences (Evens & Evens-Naport, 1996). Une liaison karstique entre le lac de Bihet et l'émergence de la Chapelle Ste-Anne est aussi supposée mais n'a pas été vérifiée par un test de traçage.

Au sud, dans le Bois des Manants, se trouve une étroite bande de calcaires, non figurée sur la carte de 1897 (Fourmarier, 1910b), où plusieurs traçages ont été réalisés. Les eaux s'infiltrant dans ce système hydrogéologique complexe ressortent à la résurgence de Méry (carte 49/2). Les

eaux du ry de Gobry, qui s'infiltrent dans le massif calcaire de l'extrémité sud de la carte via plusieurs pertes, rejoignent cette même résurgence (Dubois, 1975 ; CWEPS, 1996-2015)).

A La Brouck, au sud-est de Chaudfontaine, l'écoulement souterrain de la Waltinne a également été reconnu par traçage (CWEPS, 1996-2015). Il se fait en direction de la vallée de la Vesdre au nord-est (Ruthy et al, 2014).

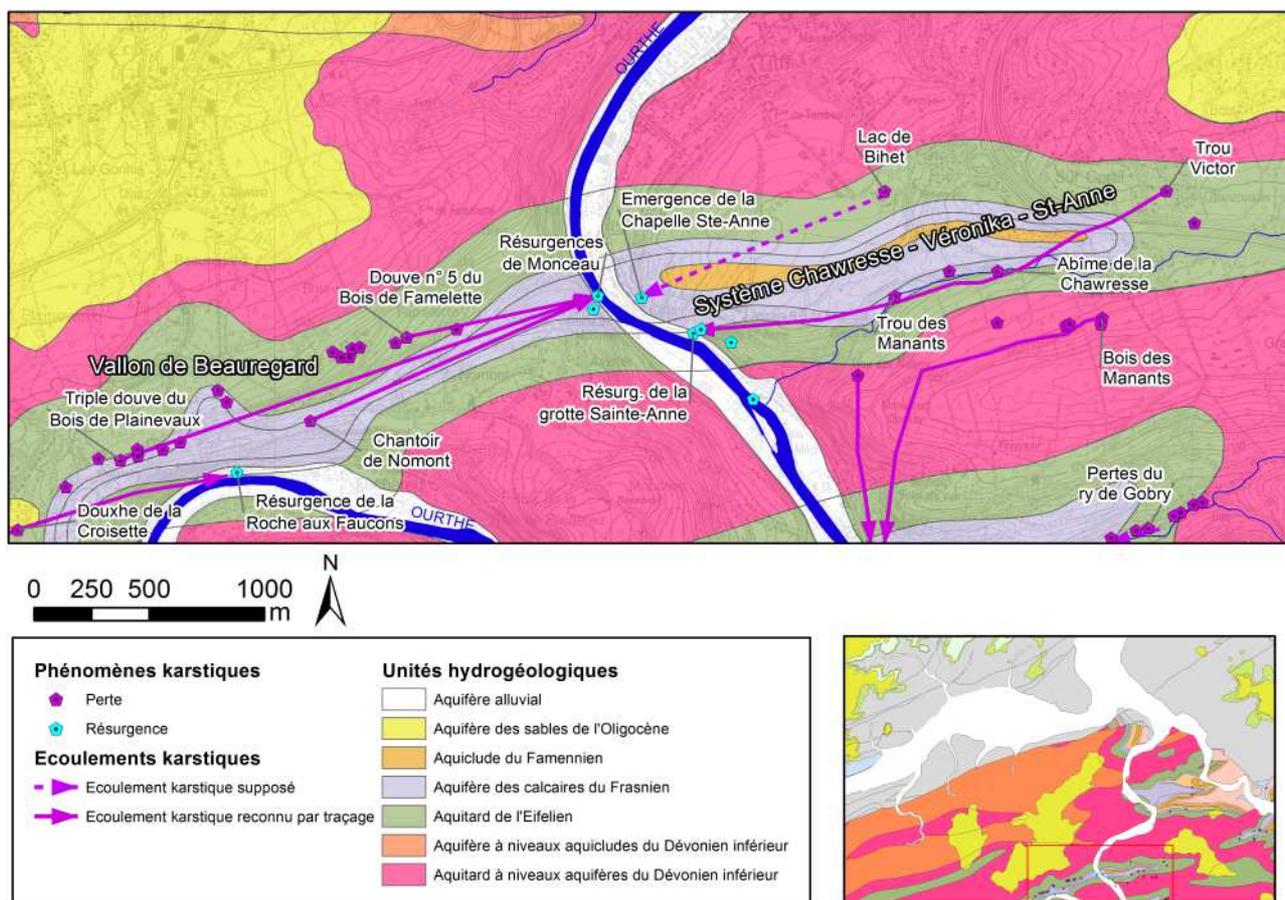


Figure IV.4 : Phénomènes karstiques dans la bande frasnienne 'Féchereux – Sur Cortil'

### IV.2.2. Aquifères alluviaux

L'importance des différents aquifères alluviaux présents sur la carte Seraing-Chênée est proportionnelle à l'extension des plaines alluviales.

#### Nappe alluviale de la Meuse (Dassargues et al, 2014a)

La plaine alluviale de la Meuse a, sur la carte de Seraing-Chênée, une largeur moyenne de 800 m. Son développement est plus important à hauteur de Seraing (≈ 1500 à 2200 m) et atteint 1500 m en aval de la confluence de l'Ourthe. La nappe logée dans les graviers de Meuse repose directement sur le bed-rock houiller semi-perméable. Elle est généralement libre, mais parfois rendue captive sous les limons fluviaux ou les remblais. Sur le territoire de la carte étudiée, elle n'est pas exploitée par les compagnies de distribution publique d'eau potable, mais de nombreuses industries y ont foré des puits. L'eau extraite est généralement utilisée dans les processus industriels ou comme eau de nettoyage.

Les cotes piézométriques de l'aquifère alluvial de la Meuse varient d'environ 65-67 m dans la partie amont à 58-60 m (voire 55 m) dans la partie aval, pour une profondeur par rapport à la surface du sol généralement comprise entre 2 et 5 m. Le battement de la nappe est, le plus souvent, assez faible (de l'ordre de quelques dizaines de centimètres à un mètre). L'écoulement souterrain général est plutôt parallèle au fleuve et le plus souvent drainé par celui-ci. Les ouvrages de génie civil (pont-barrage, mur de quai, drain,...) influencent par endroits fortement les relations aquifère alluvial – fleuve, modifiant les gradients piézométriques et les débits de transfert. Les stations de pompage de l'A.I.D.E., dont le but est d'empêcher l'inondation du fond de la vallée là où des affaissements et travaux miniers ont eu lieu, conditionnent aussi localement le niveau piézométrique de la nappe alluviale.

Deux sites de la vallée de la Meuse ayant fait l'objet d'un monitoring poussé permettent d'illustrer ces considérations générales.

Le premier site se trouve au niveau de l'écluse et du pont-barrage d'Ivoz-Ramet (Figure V.5), où six piézomètres ont été monitorés à une fréquence horaire entre 2007 et 2014. Les données sur cette période montrent des variations similaires pour les cinq ouvrages situés au niveau du pont barrage et à son aval (Figure IV.6), avec des amplitudes assez faibles d'au maximum quelques décimètres. Ce comportement peut être expliqué par la proximité du pont-barrage d'Ivoz-Ramet, qui régule la hauteur de la Meuse en amont à une altitude d'environ 64,5 m. Du fait de la connexion entre le fleuve et son aquifère alluvial, le niveau d'eau imposé par le barrage régule fortement les hauteurs piézométriques mesurées dans la nappe en amont du barrage. En aval du barrage, au contraire, le niveau d'eau de la Meuse peut subir des variations plus importantes. Cela explique l'allure des données mesurées au piézomètre PZ4, où les variations peuvent atteindre régulièrement plus d'un mètre et où le niveau moyen est inférieur de deux mètres aux autres piézomètres. Le gradient hydraulique observé entre les différents piézomètres et la Meuse indique par ailleurs qu'un flux souterrain s'écoule de la Meuse vers la nappe alluviale à l'amont du barrage pour contourner ce dernier.

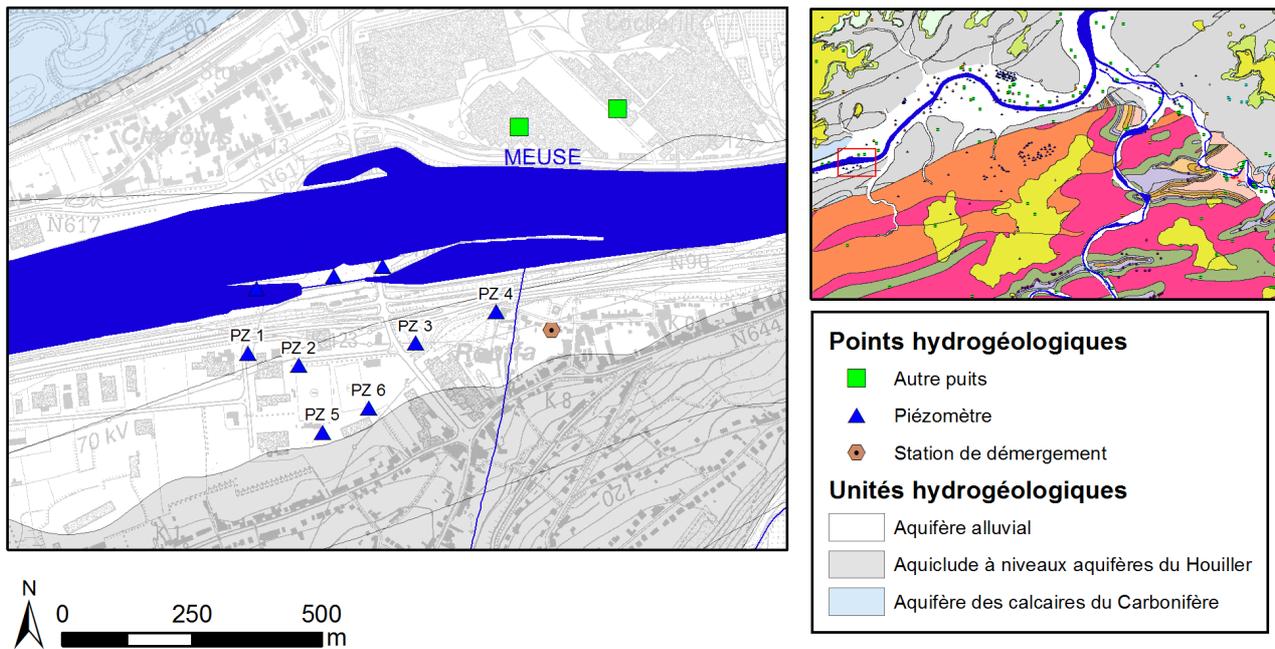


Figure IV.5 : Localisation des piézomètres de l'écluse d'Ivoz-Ramet ayant fait l'objet d'un monitoring automatisé entre 2007 et 2014

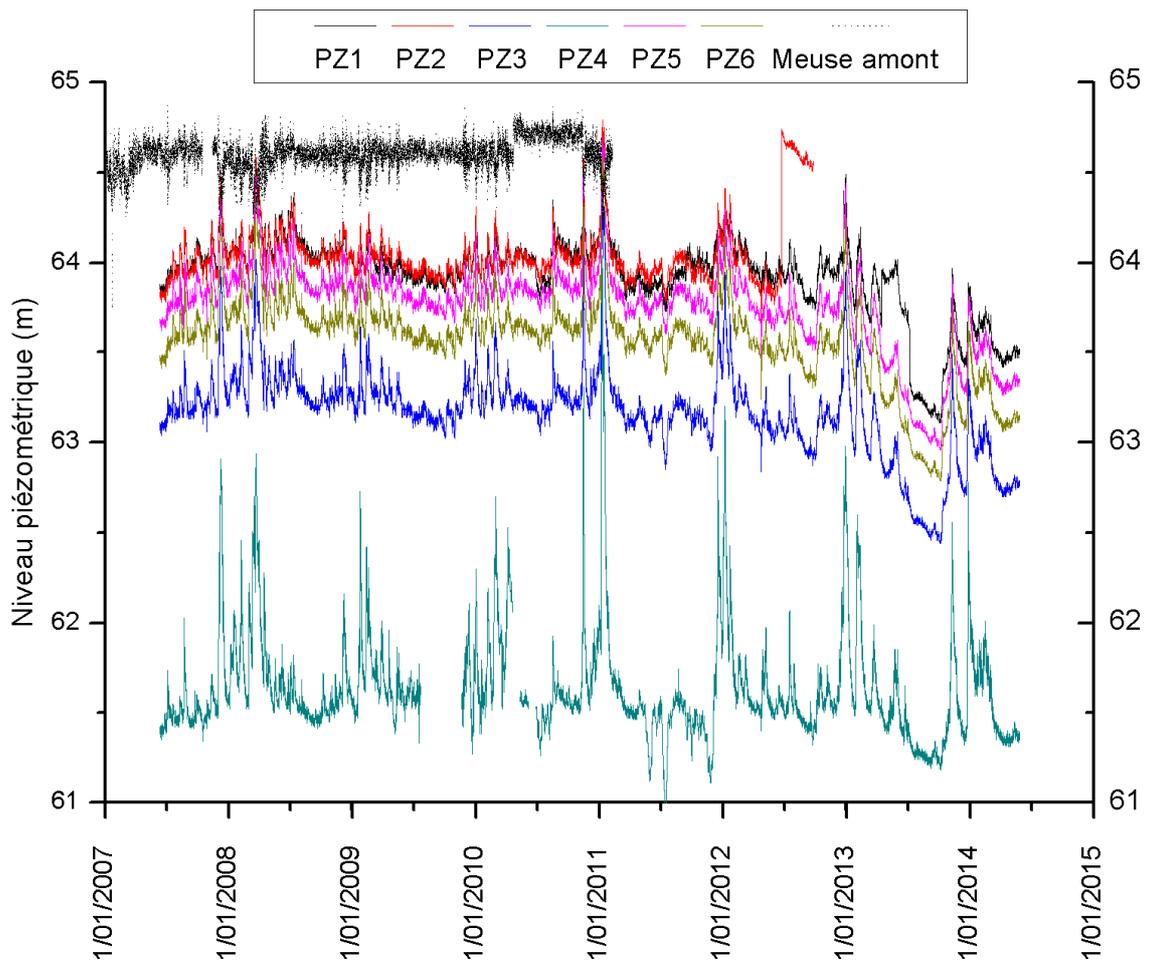


Figure IV.6 : Variations du niveau piézométrique observé aux piézomètres de l'écluse d'Ivoz-Ramet.  
Source des données : SPW-DGO1

Le deuxième exemple qui illustre la dynamique de la nappe alluviale de la Meuse est le site de la cokerie de Flémalle. Les sols de cette friche industrielle présentaient des niveaux de pollution, notamment en benzène, naphthalène et cyanure, particulièrement importants. Sa réhabilitation, gérée par la SPAQuE et terminée en 2014, a nécessité la prise de mesures de sécurité relativement exceptionnelles<sup>8</sup>. Parmi les nombreuses caractérisations menées sur le site, une campagne piézométrique réalisée dans les nombreux forages a permis le tracé des cartes piézométriques du site à différentes périodes (Figure IV.7). La composante principale de l'écoulement souterrain est, en conditions normales, dirigée vers la Meuse. Un suivi automatisé mis en place dans certains piézomètres a montré que cette direction d'écoulement pouvait être inversée en période de crue, lorsque le niveau de la Meuse devient supérieur au niveau d'eau dans l'aquifère alluvial (Figure IV.8). A ce moment, un flux d'eau s'établit à partir des eaux de surface du fleuve en direction de la nappe alluviale. Ce phénomène a aussi été démontré, grâce à la réalisation d'un modèle numérique d'écoulement et de transport. Il affecte grandement les phénomènes de transport et le temps de transfert des contaminants dans l'aquifère (Batlle-Aguilar, 2008 ; Batlle-Aguilar et al., 2009).

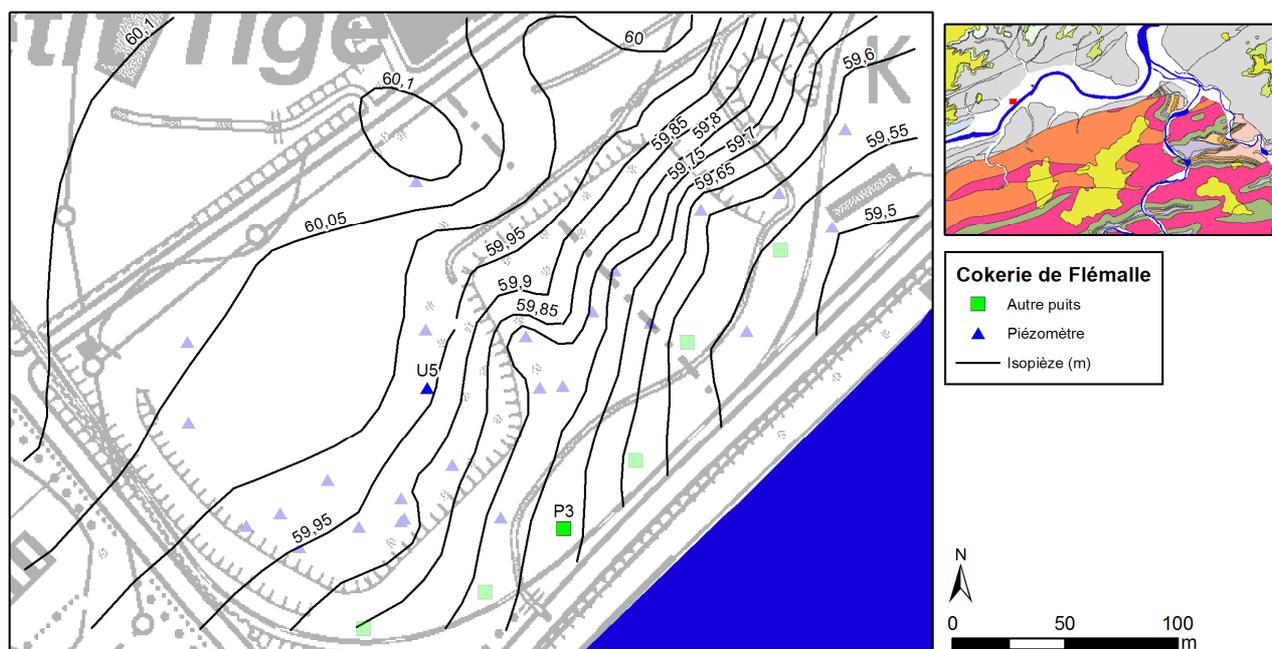
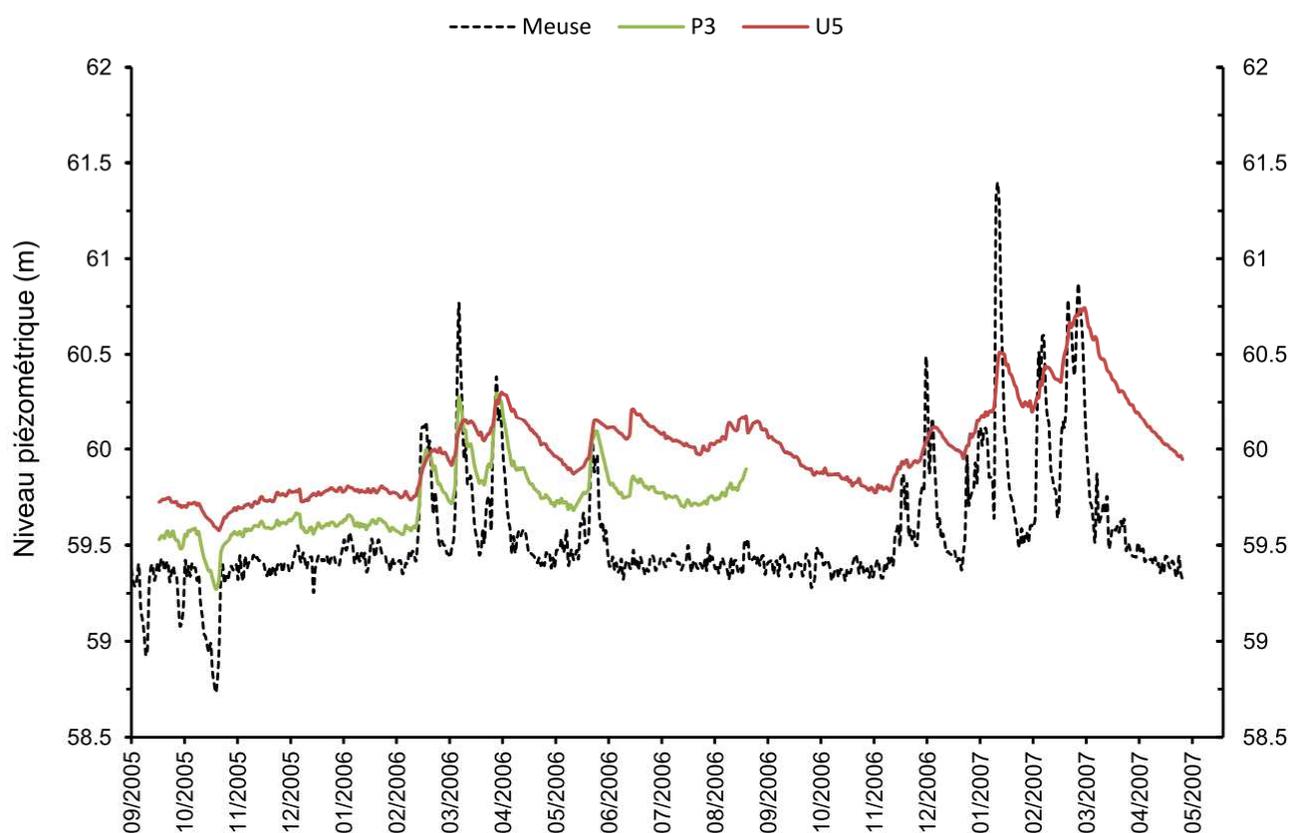


Figure IV.7 : Carte piézométrique du site de la cokerie de Flémalle levée en juin 2005 (Batlle-Aguilar, 2008).

<sup>8</sup> Plus d'informations sur le site de la cokerie de Flémalle peuvent être trouvées sur le site internet de la SPAQuE : <http://www.spaque.be/0133/fr/35/Cokerie-Flemalle?Archive>



**Figure IV.8 : Variations du niveau piézométrique observé sur le site de la cokerie de Flémalle et du niveau de la Meuse (Batlle-Aguilar, 2008).**

### Nappe alluviale de l'Ourthe

Comparée à l'aquifère alluvial de la Meuse, la nappe alluviale de l'Ourthe est d'une extension latérale plus faible (entre 100 et 300 m de large en moyenne). Excepté dans la région d'Angleur, où la vallée s'élargit significativement (jusqu'à 1000 m), peu d'ouvrages y sont implantés. Sur l'île aux Corsaires, 4 piézomètres ont été forés dans le périmètre de la station d'épuration des Grosses-Battes (Belle-Ile). Les cotes piézométriques mesurées en juin 2005 sont comprises entre 62 et 62,5 m. En amont de ce site, les laboratoires pharmaceutiques Biogam-Lohmann-Rauscher (anciennement Stella) possèdent un puits, qui n'est plus exploité. Le niveau d'eau relevé en janvier 2005 est à la cote approximative de 65,7 m (profondeur de l'eau : 4,27 m). Au sud de la carte, à Fêchereux, le niveau piézométrique de la nappe de l'Ourthe était de 86,6 m en février 2005 (profondeur de l'eau : 3,4 m). Au niveau du site de la Vieille Montagne, la nappe a été mesurée en juin 2008 à une altitude d'environ 64 m.

La gare de triage de Kinkempois est située à la confluence de l'Ourthe et de la Meuse. Les nappes alluviales de ces deux rivières se confondent au droit de ce site. Dans le cadre des travaux de dépollution du site de la gare de triage de Kinkempois, au début des années 1990, une étude hydrogéologique a été menée par les LGIH (Lejeune et al, 1991). Les niveaux piézométriques mesurés montrent que le sens d'écoulement général de la nappe se fait en direction de la Meuse. Cependant, l'écoulement est dirigé localement vers l'Ourthe et le canal de l'Ourthe. Les cotes piézométriques étaient de l'ordre de 60 à 61 m (conditions de basses-eaux). En 1996, un modèle mathématique a été réalisé pour prédire l'impact du futur tunnel routier de Kinkempois

(Dassargues, 1997). Cette étude montre qu'en conditions de hautes eaux (décembre 1993), les niveaux piézométriques peuvent être compris entre 62 et 62,5 m. D'autre part, la modélisation a montré la faible influence du futur ouvrage sur les niveaux piézométriques car les écoulements souterrains sont globalement parallèles à son tracé.

### Nappe alluviale de la Vesdre

Quelques données sont disponibles pour décrire l'aquifère alluvial de la Vesdre. Comme pour la vallée de l'Ourthe, la vallée de la Vesdre possède un fond étroit (170 à 700 m de large) qui limite l'extension de la nappe alluviale. Sur le site contaminé Lamitref Building Products (LBP) à Chênée<sup>9</sup>, des mesures effectuées par la SPAQuE (site Walsols LG4403-002) ont montré un niveau moyen de la nappe à 65 m et un écoulement globalement dirigé selon une direction E-O. A Chaudfontaine, des mesures ont permis de situer la nappe alluviale à une altitude d'environ 72 m fin des années 1960.

### **IV.2.3. Unités hydrogéologiques schisto-gréseuses du Dévonien moyen et inférieur**

Souvent considérées à tort comme des aquifères d'intérêt mineur, les nappes logées dans les terrains schisto-gréseux du Dévonien moyen et inférieur constituent des réservoirs naturels pour l'alimentation du réseau hydrographique ainsi que des localités avoisinantes. Certes, il ne s'agit pas d'une ressource en eau souterraine d'importance régionale mais son intérêt pour la distribution locale est certain.

D'un point de vue hydrogéologique, il y a lieu de distinguer deux nappes aquifères dans les terrains paléozoïques : une nappe superficielle dans le manteau d'altération et une nappe profonde logée dans les terrains fracturés et fissurés.

L'eau infiltrée à travers les limons et le colluvium circule dans la zone fauchée (entre 0,5 et 2,5 m d'épaisseur) et le sommet altéré du bed-rock. Ces nappes, généralement locales et temporaires, se déversent au pied des versants, dans le réseau hydrographique ou dans les nappes alluviales de la Meuse et de l'Ourthe. Lorsque le bed-rock est plus perméable, une partie de l'écoulement hypodermique alimente la nappe du substratum fissuré.

L'étude détaillée du cadre lithologique et structural du promontoire Meuse-Ourthe a mis en évidence plusieurs bandes assez tectonisées et fissurées dans les grès et les quartzites de l'Emsien et du Siegenien (Dévonien inférieur). Ces bandes sont orientées grossièrement est-ouest et sont au nombre de 5 (voir paragraphe III.3.1). Un jaugeage systématique des ruisseaux et captages a permis de définir un coefficient de tarissement  $\alpha$  (selon les hypothèses de la méthode de Maillet) correspondant au drainage par les ruisseaux de ces nappes de fissures. Ce coefficient vaut en moyenne de 0,002 à 0,005 j<sup>-1</sup> dans le promontoire Meuse-Ourthe (Sart-Tilman, Boncelles), témoignant d'un aquifère à vidange très lente mais à réserves potentielles non négligeables

<sup>9</sup> Plus d'informations peuvent être trouvées en ligne sur <http://www.spaque.be/0133/fr/82/LBP>

(Calembert & Monjoie, 1973). Cependant, ces valeurs de coefficient de tarissement englobent vraisemblablement les capacités des nappes perchées des sables oligocènes (paragraphe IV.2.4).

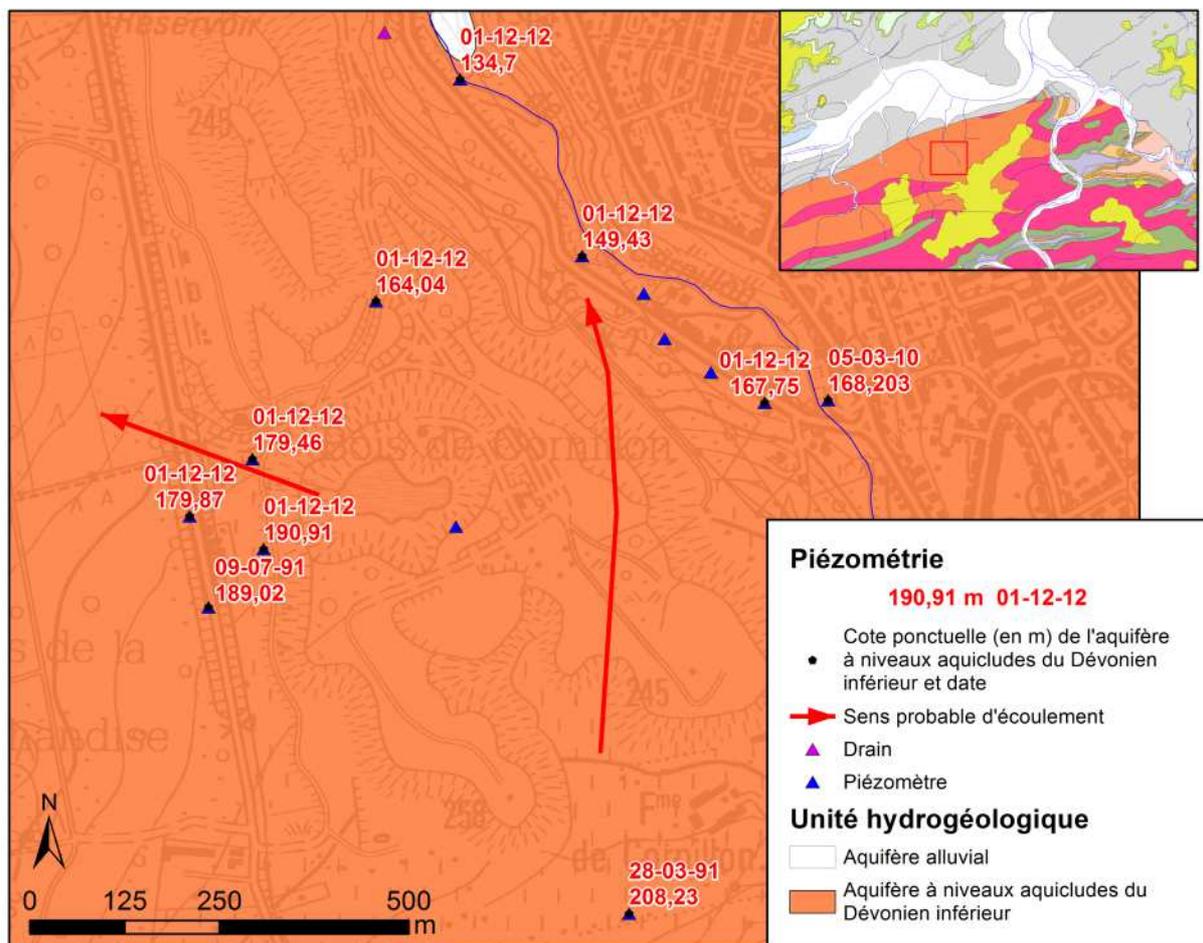
La circulation d'eau au sein de la nappe profonde se fait essentiellement au sein du réseau de fractures de la roche. Pour cette raison, la conductivité hydraulique de ces unités hydrogéologiques possède une variabilité spatiale assez importante, selon le degré de fracturation des roches. Dans les zones bien tectonisées du promontoire Meuse-Ourthe, les valeurs extrêmes de conductivité hydraulique peuvent ainsi atteindre localement  $2 \times 10^{-4}$  m/s, contre  $10^{-7}$  m/s dans les zones peu fissurées (Calembert & Monjoie, 1973).

Quelques précisions peuvent être apportées sur l'hydrogéologie de deux sites localisés dans l'aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur.

Sur les hauteurs de Seraing, à la limite de l'ancienne commune de Boncelles, se trouve le terril de la Chatqueue (Figure IV.9), crassier sidérurgique de la société Arcelor-Mittal (anciennement Cockerill). Afin de protéger les ressources en eau souterraine, une étude hydrogéologique a été menée sur ce site (LGIH, 1991a,b,c & d). Des jaugeages, des campagnes de prospection géophysique, des forages, des prélèvements d'eau de surface et d'eau souterraine y ont été réalisés. Le lieu fait aujourd'hui l'objet d'un programme de surveillance environnementale, qui inclut le monitoring d'une dizaine de piézomètres situés en périphérie du teruil.

Les mesures piézométriques effectuées ont montré une direction générale de l'écoulement profond orientée SSO-NNE, avec un gradient hydraulique compris entre 3 et 14 %. Des écoulements préférentiels sont localisés dans les bandes gréseuses fissurées d'orientation ouest-est. La proximité de la crête de partage entre les bassins de la Vecquée et du Cornillon se traduit par l'existence d'un gradient d'écoulement en direction de l'ouest et du nord-ouest à la limite occidentale du site. Les mesures prises en décembre 2012 sont comprises entre 208 m à l'amont du teruil et 135 m en aval du site (SGS, 2013).

Au-dessus de la nappe de fissures du bed-rock, une nappe de faible épaisseur s'est développée dans les dépôts du teruil. Cette petite nappe perchée est drainée et récupérée en aval de la décharge pour être traitée dans la station d'épuration du site.



**Figure IV.9: Carte montrant les niveaux piézométriques mesurés autour du terril de la Chatqueue à Seraing avec les sens probables d'écoulement dans l'aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur (SGS, 2013).**

A Ougrée, le site du Bois Saint-Jean a servi jadis de crassier pour l'industrie sidérurgique liégeoise. Diverses études environnementales ont été menées sur ce site dans le but de l'assainir. Ces travaux ont été dirigés par la SPAQuE qui assure la surveillance environnementale du site (SPAQuE, 2009). Une trentaine de piézomètres ont été forés. L'allure de la nappe du bed-rock a ainsi pu être déterminée (Figure IV.9). Elle suit de manière assez parallèle la surface topographique originelle du site. Les eaux de la nappe des remblais, qui ont été déposés sur le site jusqu'en 1987, sont en effet peu mobiles et n'influencent que très peu la nappe profonde contenue dans le terrain schisto-gréseux naturel. A titre d'illustration, en dehors de l'emprise des remblais, la nappe profonde a été observée à une profondeur comprise entre 1,5 et 5,5 m en avril 2002, et entre 0,9 et 7,28 m en avril 2003. Au droit des remblais, la profondeur pour atteindre la nappe du bed-rock peut aller jusque 25 m, ce qui correspond approximativement à l'épaisseur maximale des terrains artificiels déposés sur le crassier (SGS, 2002 et 2003).

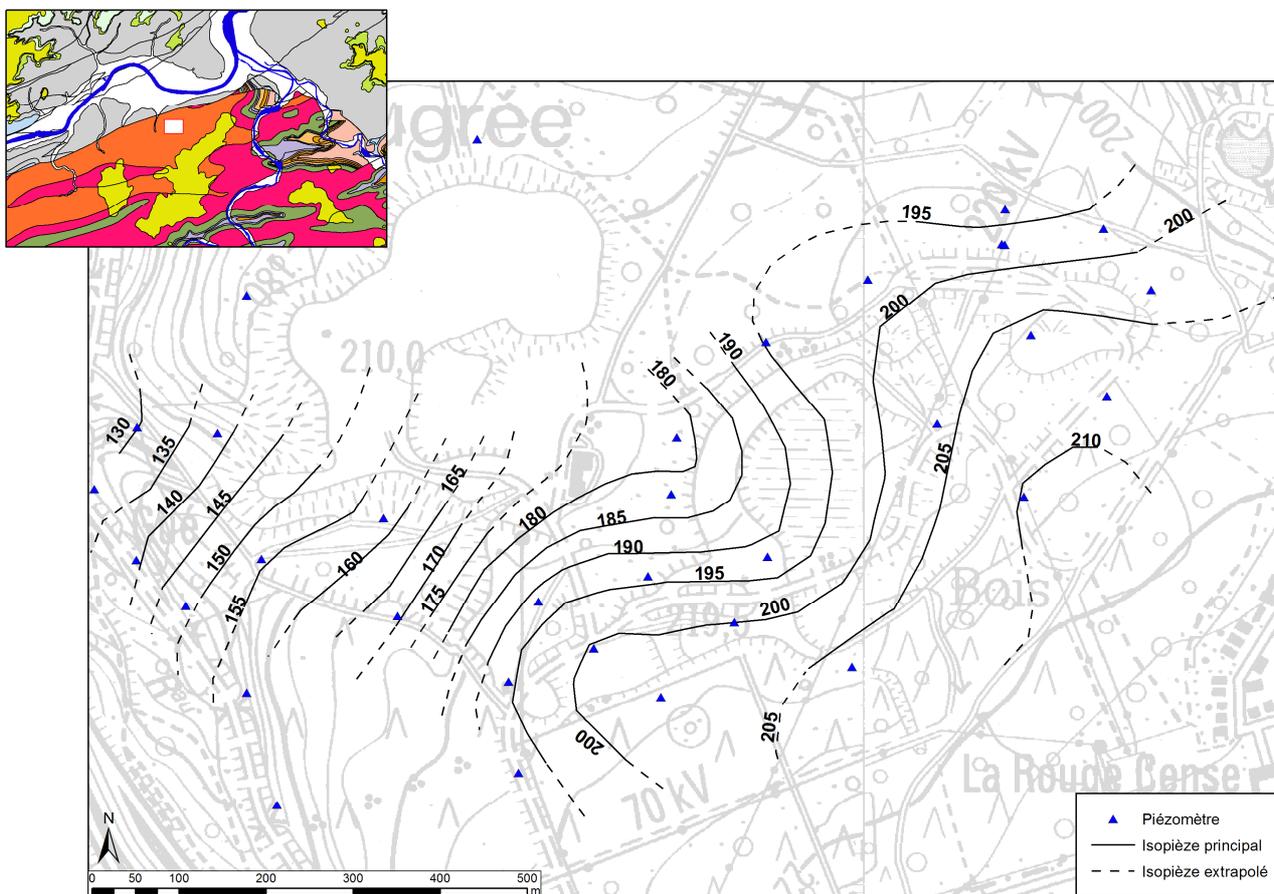


Figure IV.10 : Carte piézométrique du site du Bois Saint-Jean à Ougrée, levée en avril 2003 (SGS, 2003).

#### IV.2.4. Aquifère des sables oligocènes du plateau de Boncelles – Sart-Tilman

Etant donné son étendue relativement importante, le lambeau des sables oligocènes du plateau de Boncelles – Sart-Tilman contient un aquifère aux potentialités non négligeables. De nombreux ruisseaux sont alimentés par cette nappe sur le sommet du plateau. Ils sont ensuite enrichis, plus en aval, par les nappes de fissures recoupées par les flancs des vallées. La puissance totale des sables, de l'ordre de 20 m sur le plateau de Boncelles, diminue vers le nord et ne dépasse pas 5 m en moyenne sur le plateau du Sart-Tilman.

Cet aquifère perché présente une porosité et une perméabilité moyenne élevées. Toutefois, des couches argileuses glauconifères, à perméabilité moindre, introduisent une anisotropie verticale. Celle-ci est cependant réduite par la discontinuité des horizons à glauconie, qui est souvent associée à des graviers. Là où la fissuration du bed-rock est suffisante, la nappe des sables alimente la nappe profonde et participe à l'écoulement souterrain, principalement concentré dans quelques bandes plus tectonisées (voir paragraphe IV.2.3).

Deux secteurs hydrogéologiques distincts (Figure IV.11) peuvent être différenciés sur ce lambeau sableux (Monjoie, 1970) :

- au nord, le plateau du Sart-Tilman s'étend entre la ligne Blanc-Gravier – dôme du Bol d'Air et le versant de la Meuse, sur une largeur de 350 à 550 m.

La réserve d'eau est peu importante étant donné la faible épaisseur de la couche sableuse. En raison de la pente nord de la surface de base<sup>10</sup>, d'un ressaut de 2 m du bed-rock au sud et de la présence d'un chenal de sable argileux fluvial, l'eau infiltrée s'écoule préférentiellement vers le nord. Seule la zone en amont du ruisseau de Sordeye, située au sud du chenal fluvial, échappe à cet écoulement préférentiel et est drainée vers l'est en raison de la pente locale du sommet du bed-rock, qui est inclinée dans cette direction. De nombreuses venues d'eau apparaissent en périphérie du dépôt sableux. Des jaugages ont été effectués hebdomadairement en 1969 sur des exutoires situés à la limite septentrionale du lambeau. Les débits mesurés sont compris entre 0,04 l/s et 4,2 l/s.

- au sud-ouest, le plateau de Bonnelles correspondant à la partie la plus large du lambeau.

La réserve d'eau est plus importante (liée à l'épaisseur plus importante des sables). L'écoulement préférentiel se fait vers le nord et vers l'ouest, suivant l'inclinaison NNO de la surface de base. Peu de puits sont recensés dans ce secteur. Au sud-est du Fort de Bonnelles, un niveau piézométrique, relevé dans un puits privé en février 2005, a montré que l'eau était à 4 m de profondeur, ce qui correspond à une cote de 241 m (P-Betzy). Au sud et à l'est, quelques exutoires alimentent des affluents de l'Ourthe.

---

<sup>10</sup> Le sommet du bed-rock sain sous les plateaux du Sart-Tilman et de Bonnelles incline légèrement vers le NNO. Le sommet du plateau du Sart-Tilman est à la cote de 234 m, avec un ressaut de 2 m orienté sensiblement NE-SO. Le sommet du plateau de Bonnelles passe de la cote 248 m à la cote 240 m avec une pente d'environ 1,3 %. Les deux plateaux sont séparés par l'entaille du Blanc Gravier (Calembert et al, 1975).

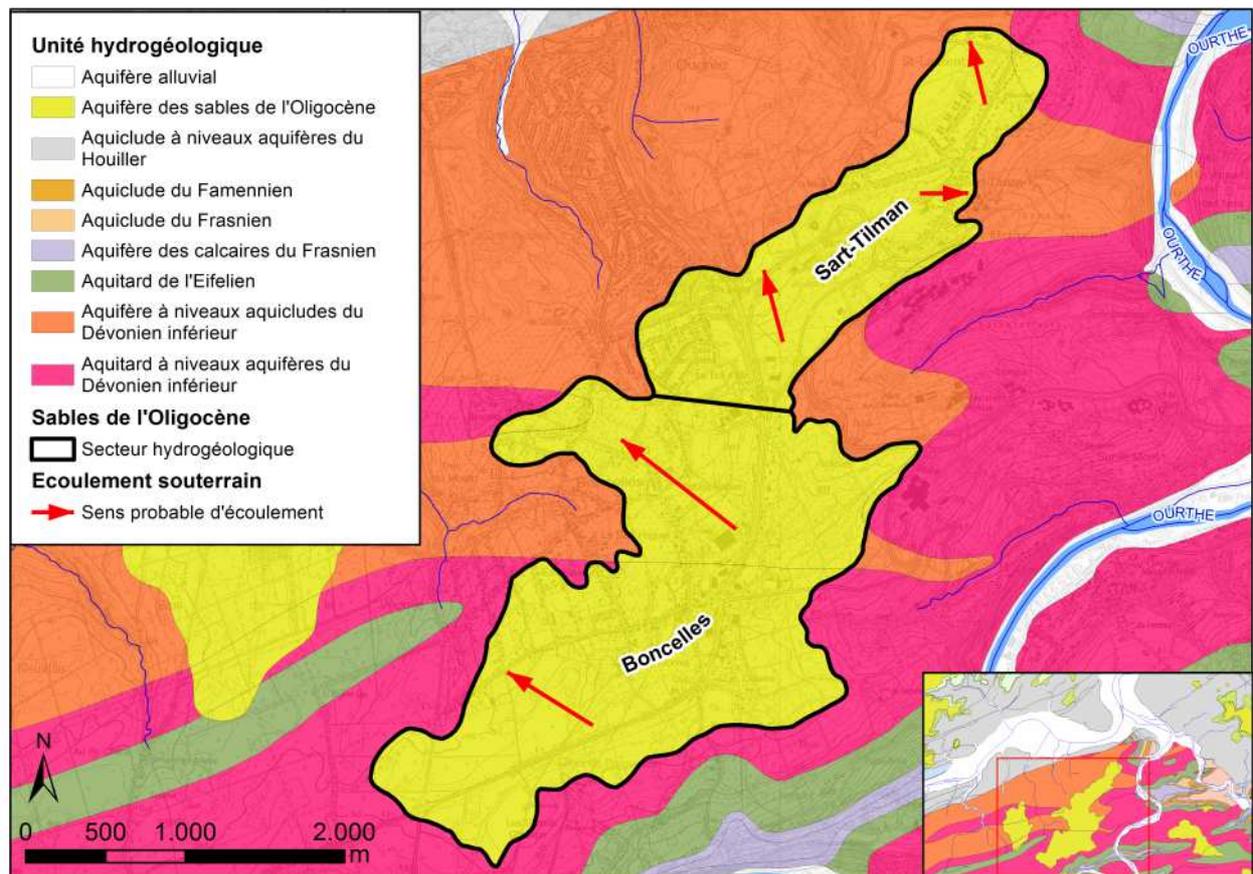


Figure IV.11 : Carte montrant la division hydrogéologique du lambeau des Sables de l'Oligocène de Bonnelles - Sart-Tilman avec les sens probables d'écoulement.

#### IV.2.5. Aquifère des craies de Hesbaye

La nappe des craies de Hesbaye est une des réserves en eau souterraine les plus importantes de Wallonie (Orban et al, 2014). Elle occupe une petite superficie de la carte de Seraing-Chênée, au nord-ouest. Quelques puits y sont implantés, mais aucun historique piézométrique n'est disponible pour ces captages. La description très générale qui suit est donc basée sur des données issues de puits situés en dehors de la carte 42/5-6 de Seraing-Chênée. Plus d'informations sur l'aquifère des craies de Hesbaye peuvent être trouvées dans les notices des cartes hydrogéologiques 42/1-2 (Ruthy et Dassargues, 2006) et 41/3-4 (Hallet et al., 2012).

La nappe du Crétacé de Hesbaye s'écoule du sud vers le nord en direction du Geer, exutoire principal de l'aquifère, en raison de l'allure géométrique du réservoir (bancs réguliers d'orientation est-ouest, à légère pente vers le nord), et de la disposition des limites du bassin (Meuse, Méhaigne, Geer). Sa surface piézométrique présente un gradient de l'ordre de 1 % à l'amont des galeries de captage, suite aux rabattements qu'elles provoquent, et d'environ 0,3 % à 0,5 % dans la partie avale à proximité du Geer. Sauf au droit des galeries captantes et à proximité du Geer, la forme de la nappe change peu en fonction de la pluviométrie, l'amplitude de ses variations temporelles garantissant un gradient assez constant dans le temps et dans l'ensemble de son extension horizontale.

## IV.2.6. Coupes hydrogéologiques

La coupe, qui est orientée NNO-SSE, traverse la vallée de la Meuse à proximité de Tilleur-Sclessin, le plateau de Bonnelles et le méandre de l'Ourthe au niveau de la Roche-aux-Faucons. La majorité de son tracé est donc situé dans le bassin versant de la Meuse. Seul le quart SE de la coupe appartient au bassin de l'Ourthe, la ligne de partage des eaux étant intersectée sur le sommet du plateau de Bonnelles. Les unités hydrogéologiques traversées sont principalement les socles schisto-gréseux du Houiller et du Dévonien inférieur, même si la coupe rencontre également la couverture du Crétacé et la bande des calcaires frasniens de Féchereux – Sur-Cortil à ses extrémités.

Deux coupes distinctes ont été dressées, sur le même axe mais avec une échelle des hauteurs différente. L'échelle horizontale des deux coupes est au 1/25 000 mais l'échelle verticale est au 1/25 000 pour l'une (coupe 1/1) tandis qu'elle est au 1/5 000 pour l'autre. Ce facteur d'exagération des hauteurs (X5) permet une meilleure visibilité des quelques niveaux piézométriques mesurés à proximité de l'axe de la coupe et qui y sont reportés. Ces mesures montrent des nappes peu profondes, tant dans l'aquifère alluvial de la Meuse que dans le socle du Dévonien inférieur, où les niveaux représentés caractérisent la nappe sub-affleurante du manteau d'altération.

Cette coupe, basée sur la carte géologique de Forir & Murlon (1897), reprend certaines caractéristiques (les noms, pendages, localisations des veines de charbon, des plats-crains et l'allure des couches) des terrains houillers d'après les travaux de Humblet (1941). Le pendage des couches des terrains dévoniens n'a pu être observé qu'en quelques points.

## IV.2.7. Caractères des nappes

Sur l'une des cartes thématiques, le caractère des nappes rencontrées est spécifié : nappe libre, nappe semi-captive (semi-libre) ou nappe captive. Cette détermination est basée sur le contexte géologique et hydrogéologique régional. Sur la carte Seraing-Chênée, seule la nappe du socle houiller est classée en nappe semi-captive, toutes les autres étant supposées libres. Les nappes alluviales de la Meuse, de l'Ourthe et de la Vesdre peuvent être, toutefois, localement et temporairement captives en fonction de leur niveau d'eau et de la couverture peu perméable (limons, remblais) présente ou non. Notons qu'il a été choisi de caractériser la première nappe rencontrée (nappe à l'affleurement, sous la couverture limoneuse). Les nappes profondes logées dans les horizons schisto-gréseux du Dévonien peuvent souvent être considérées comme semi-captives. En effet, dans ces terrains, la nappe peut se retrouver en charge sous des couches plus argileuses (shales, siltites, phyllades, argile d'altération).

## IV.2.8. Piézométrie de la carte Seraing-Chênée

Un nombre conséquent de données piézométriques est disponible sur la carte Seraing-Chênée. Cependant, le contexte hydrogéologique complexe de la région cartographiée, couplé à la répartition spatiale irrégulière des points de mesure, rend le tracé d'isopièzes difficile. Ainsi, seules des cotes ponctuelles, avec la date de prise de la mesure, sont indiquées sur la carte principale. La piézométrie locale de certains sites ayant fait l'objet d'une caractérisation détaillée est décrite dans les paragraphes précédents. Certaines considérations générales peuvent être émises.

Le réseau hydrographique pérenne constitue, en général, l'exutoire des nappes aquifères (drainage), indiquant ainsi le sens global de l'écoulement des eaux souterraines. Les cours d'eau majeurs de la carte Seraing-Chênée, à savoir la Meuse, l'Ourthe et la Vesdre, fixent de ce fait le niveau de base des formations aquifères qu'ils recoupent. Du fait de l'équilibre s'établissant entre le niveau de ces cours d'eau et le niveau des nappes traversées, ce dernier est souvent peu profond et caractérisé par des battements faibles.

Toutefois, dans les aquifères calcaires, la nappe est susceptible d'être plus rabattue que dans les autres unités hydrogéologiques, présentant ainsi des niveaux d'eau relativement profonds. Les écarts entre les hautes eaux et les basses eaux sont également plus marqués. Dans les aquifères moins perméables, la surface piézométrique est souvent proche de la surface topographique et est davantage influencée par la topographie. Dans les unités hydrogéologiques de nature gréseuse, schisto-gréseux, quartzitique ou quartzo-phylladeuse, deux types de nappes sont habituellement présentes : nappe superficielle et nappe profonde. Des niveaux d'eau peu profonds sont relevés entre quelques décimètres à quelques mètres par rapport à la surface topographique, indiquant une nappe subaffleurante. En parallèle, des profondeurs d'eau plus importantes sont aussi observées. Ces niveaux d'eau caractérisent la nappe logée dans les terrains plus fracturés et gréseux du bed-rock. Ces horizons aquifères peuvent être localement semi-captifs à captifs.

## V. CADRE HYDROCHIMIQUE

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

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

Sur la carte Seraing-Chênée, quelques sablières ont jadis été exploitées sur les plateaux au nord-ouest et au sud de la carte. Hormis les gisements de houille du bassin liégeois, plusieurs gisements métallifères (Ba, Zn, Pb) ont aussi été anciennement exploités en souterrain à proximité de Kinkempois et de Chaudfontaine. Ces anciens sites d'extraction, aujourd'hui abandonnés et parfois remblayés avec des déchets et matériaux divers, sont des points d'infiltration privilégiés vers les eaux souterraines, tout comme le sont les dolines, chantoirs et autres phénomènes karstiques. Ces chemins directs depuis la surface vers les eaux souterraines sont donc des lieux à surveiller.

Un inventaire de ces données est disponible auprès des autorités régionales (DGARNE et DGATLPE). Depuis 1998, la DGARNE a mis en place un réseau de contrôle des centres d'enfouissement technique. Ce réseau est géré par l'ISSeP. Des informations sont disponibles via le portail Web du Service Public de Wallonie : <http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/>. La SPAQuE a inventorié les sites potentiellement contaminés en Wallonie. Ils sont répertoriés dans une banque de données, WALSOLS, consultable sur <http://www.walsols.be/>. Sur la carte Seraing-Chênée, 24 sites sont répertoriés dans cette base de données (Tableau V.1). Parmi eux, se trouvent des sites dont la pollution est avérée et a, dans certains cas, déjà été traitée. Certains sites sont toujours en cours de réhabilitation à l'heure actuelle tandis que d'autres, comme d'anciens dépôts de pneus, ont été jugés ne pas présenter de risque important pour l'environnement, les déchets ayant été évacués. Ces sites n'ont dès lors pas fait l'objet d'études approfondies

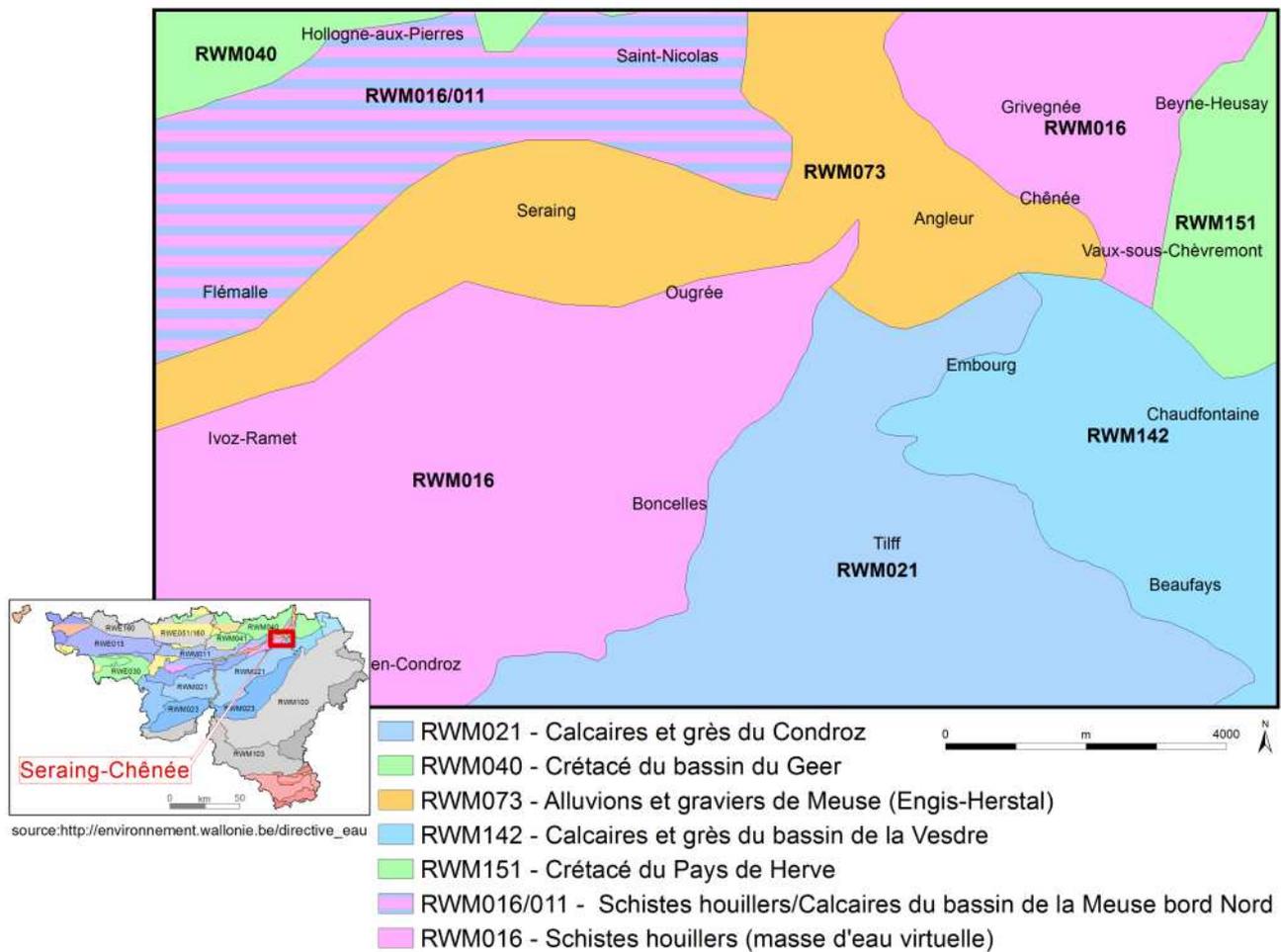
**Tableau V.1 : Sites WALSOLS répertoriés sur la carte Seraing-Chênée**

<u>Commune</u>	<u>Nom</u>	<u>Code</u>	<u>Commune</u>	<u>Nom</u>	<u>Code</u>
Liège	Chimeuse - Partie Est	Lg4407-008	Chaufontaine	Kestrel	Lg1804-001
	Clinique du Valdor	Lg4407-016		La Rochette	Lg1802-001
	Gare du Longdoz	Lg4407-043		Pyramides	Lg1802-003
	Horloz n°3a / Hemibel	Lg4407-006		Voie des Chars	Lg1802-002
	Charbonnage du Perron	Lg4407-003	Esneux	Textar	Lg2602-001
	Cockerill II	Lg4407-014	Flémalle	Cokerie Flémalle	Lg3102-001
	Etablissements Balteau	Lg4407-035	Seraing	Bois Saint-Jean	Lg6503-001
	LBP	Lg4403-002		Sualement	Lg6502-001
	RECUMAT	Lg4407-009		Etablissement Adolphe Collin	Lg6503-007
	Sart Moray	Lg4403-001		Collin-Sacré	Lg6502-009
	Usine à tuyaux en béton	Lg4407-001		Atelier Cortjens et Maton	Lg6502-012
				Horloz	Lg6502-002

Dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (Directive 2000/60/CE, en abrégé DCE), le Service Public de Wallonie a établi un programme de surveillance des 33 masses d'eau souterraine définies en Wallonie ([http://environnement.wallonie.be/directive\\_eau](http://environnement.wallonie.be/directive_eau)). Au niveau des eaux souterraines, un réseau de surveillance de l'état quantitatif et qualitatif a été élaboré et finalisé en décembre 2006. Sur le territoire couvert par la carte Seraing-Chênée, sept masses d'eau souterraine sont distinguées (Figure V.1) :

- les calcaires et grès du Condroz – RWM021
- le Crétacé du bassin du Geer – RWM040
- les alluvions et graviers de Meuse (Engis-Herstal) – RWM073
- les calcaires et grès du bassin de la Vesdre – RWM142
- le Crétacé du Pays de Herve – RWM151
- les calcaires du bassin de la Meuse bord Nord – RWM011
- les schistes houillers (masse d'eau virtuelle) – RWM016

La masse d'eau souterraine des schistes houillers (RWM016) a le statut particulier de masse d'eau virtuelle. Elle n'a pas été définie en tant que masse d'eau souterraine au sens de la DCE car elle ne représente pas une ressource en eau souterraine aisément mobilisable en raison de la nature des formations géologiques. (DGARNE-Direction des Eaux souterraines et Protectis-Cellule DCE, 2010).



**Figure V.1 : Masses d'eau souterraine – Seraing-Chênée**

L'état global DCE des masses d'eau (2009) de la carte Seraing-Chênée est synthétisé dans le tableau V.2 (DGARNE-DESO et Protectis-Cellule DCE, 2010). Seules deux masses d'eau souterraine présentent des caractères quantitatif et qualitatif satisfaisants : les calcaires et grès du Condroz (RWM021) et les calcaires du bassin de la Meuse bord Nord (RWM011). Les autres masses d'eau présentent toutes un état chimique mauvais ou médiocre, le plus souvent en raison du contenu en nitrates trop important (RWM040, RWM142, RWM151) ou du fait de la présence de sulfates et d'ammonium en trop grande concentration (RWM073). Sur le territoire de la carte Seraing-Chênée, on compte 4 points du réseau de surveillance DCE, dont trois sont situés dans les alluvions de la vallée de la Meuse (Tableau V.3).

**Tableau V.2 : Etat des masses d'eau souterraines de la carte Seraing-Chênée**

<u>MESO</u>	<u>Etat global</u>	<u>Etat chimique</u>	<u>Etat quantitatif</u>	<u>Paramètre déclassant</u>
RWM021	Bon	Bon	Bon	Aucun
RWM040	Médiocre	Médiocre	Bon	Nitrates, (pesticides)
RWM073	Médiocre	Médiocre	Bon	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
RWM142	Mauvais	Mauvais	Bon	Nitrates
RWM151	Médiocre	Médiocre	Bon	Nitrates
RWM011	Bon	Bon	Bon	Aucun

**Tableau V.3 : Points du réseau de surveillance DCE localisés sur la carte Seraing-Chênée**

<u>Nom de l'ouvrage</u>	<u>Code RW</u>	<u>Propriétaire</u>	<u>Masse d'eau</u>
CFR P1	42/5/3/013	CFR	RWM073
Quai du Halage – P1	42/5/4/010	Arcelor Mittal	
PUITS P1 – Nordifa	42/6/1/002	Sioen Nordifa	
P-Lux – Rue du centre 64	42/6/6/034	particulier	RWM142

## V.1. CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

Les analyses disponibles pour définir le faciès hydrochimique des eaux logées dans les terrains de la carte Seraing-Chênée sont essentiellement issues des captages destinés à la mise en bouteille ou à la distribution d'eau publique et de la campagne de terrain réalisée lors de la première version de la carte (Ruthy et Dassargues, 2005). Quelques analyses proviennent également du réseau de surveillance qualitative du SPW. Cependant, toutes les unités hydrogéologiques de la carte étudiée ne pourront être caractérisées hydrochimiquement.

### V.1.1. Aquifère des calcaires du Frasnien

Les eaux des calcaires du Frasnien de la région de Seraing-Chênée présentent un faciès bicarbonaté calcique, une dureté moyenne à élevée ainsi qu'une conductivité électrique élevée. L'alcalinité est moyenne à forte et le pH est basique. Parmi les ouvrages présentés dans le tableau V.4, les valeurs observées aux puits Astrid, Charlemagne et Philippe sont relativement différentes de celles du puits P-Lux. Les premiers sont des forages profonds sollicitant l'aquifère thermal de Chaudfontaine, tandis que le puits P-Lux est moins profond et n'atteint pas cet aquifère particulier. Ne disposant pas de log géologique de ce captage, on peut seulement mentionner qu'il appartient à la masse d'eau des calcaires et des grès de la Vesdre (RWM142). Les données hydrochimiques de ce puits montrent aussi qu'il pourrait être exposé à des pollutions venant de la surface (nitrates, sulfates, chlorures).

Les eaux de l'aquifère thermo-minéral de Chaudfontaine sont caractérisées par la présence de certains éléments à teneurs significatives comme la silice (10 à 20 mg/l), le fluor (0,2 à 0,5 mg/l); le strontium (200 à 300 µg/l), le lithium (20 à 40 µg/l), le manganèse et le fer (Monjoie, 2002).

**Tableau V.4 : Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Frasnien – Seraing-Chênée.**

Source des données : Coca-Cola Enterprise (Chaufontaine), SPW – DGO3

Elément	Unité	Niveau-guide RW (Code de l'Eau)	Astrid		Charlemagne		Philippe	P-Lux	
			02/07/2002	12/06/2012	27/08/1998	31/08/2010	21/06/2007	07/03/2005	14/10/2013
date			396		238		566	85	
profondeur	m								
Température (in situ)	°C		36-37	37,7	36-37	36-37	36-37	10,2	14,2
pH	unités pH	>6,5 et <9,5	7,27	7,45	7,55	7,7	7	7,35	7,41
Conductivité électrique	µS/cm-20°C	2100	626	641,2	582	583	589	722	765
Dureté totale	° français	67,5	25,2	23,6	24,2	-	-	37,9	39,9
Alcalinité totale	° français	-	23	25,2	-	-	-	15,4	18,3
Calcium	mg/l	270*	65,3	66,9	67,4	62	66	96	91
Magnésium	mg/l	50*	20,3	21	17,2	18	19	45	42
Sodium	mg/l	150	43,6	44	42,7	42	45	16,2	16,1
Potassium	mg/l	12	2,3	2,6	2,8	2,7	2,6	3,4	3
Strontium	µg/l	750**	-	430,3	-	369	395	176	188
Fer total dissous	µg/l	200*	0,57	192,9	326	92	138	2,2	-
Manganèse	µg/l	50*	0,063	64,9	54	65	54	166	8,4
Bicarbonates	mg/l	-	317,2	-	-	300	324,5	-	-
Sulfates	mg/l	250*	45	42	42,7	37	41	113	114
Chlorures	mg/l	200	36,8	33,2	33	33	33	76	91
Fluorures	mg/l	0,1 (1,5*)	0,57	0,44	0,525	0,48	0,42	0,19	0,15
Nitrates	mg/l	50	<0,1	0,87	<0,1	<0,1	<0,1	27	26
Nitrites	mg/l	0,1	<0,05	0,02	<0,05	<0,05	<0,05	0,01	<0,2
Ammonium	mg/l	0,5*	0,09	<0,02	0,03	<0,02	0,05	<0,05	<0,05
Silice	mg/l SiO <sub>2</sub>	-	-	-	18,3	17	15	13,1	13

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

### V.1.2. Aquifères alluviaux

Le tronçon de la nappe alluviale de la Meuse présent sur la carte de Seraing-Chênée appartient à la masse d'eau RWM073, s'étendant entre Engis et Herstal. D'après les données disponibles, cette masse d'eau est chimiquement considérée comme à risque : altérations significatives en sulfates, aluminium, nitrates, phosphates, bore et manganèse (D GARNE-Direction des Eaux souterraines et Protectis-Cellule DCE, 2010).

Le tableau V.5 présente quelques analyses de différents ouvrages qui sollicitent la nappe alluviale de la Meuse aux environs de Seraing et de Flémalle. Plusieurs paramètres dépassent les normes de potabilité. La teneur élevée en ammonium pour le puits CRF, mais aussi pour le puits Nordifa, semble indiquer que la source de contamination des eaux est relativement proche de l'ouvrage (les ions ammonium ne sont pas stables et s'oxydent en nitrates).

**Tableau V.5 : Caractéristiques hydrochimiques de la nappe alluviale de la Vallée de la Meuse – Seraing-Chênée**

Source des données : SPW – DGO3

Elément	Unité	Niveau- guide RW (Code de l'Eau)	CFR-P1		Halage-P1		Nordifa-P1	
			22/02/2005	05/01/2015	22/02/2005	05/01/2015	23/02/2005	05/01/2015
date								
pH	unités pH	>6,5 et <9,5	8,09	7,19	7,54	7,58	7,44	7,52
Conductivité électrique	µS/cm à 20°C	2100	1595	1856	1036	1113	1250	1283
Dureté totale	° français	67,5	67,3	85,1	57,3	55,3	71,2	74,9
Alcalinité totale	° français	-	24,6	25,1	26	24,9	33,2	32,3
Oxygène dissous	mg/l	-	12	9,12	8,5	7,47	8,6	9,39
Calcium	mg/l	270*	213	264	197	184	254	251
Magnésium	mg/l	50*	51	46	23	23	28	30
Sodium	mg/l	150	126	135	41	45	47	49
Potassium	mg/l	12	15,2	17,7	6,4	6,8	11,6	12,6
Strontium	µg/l	750**	442	613	290	300	509	633
Fer total dissous	µg/l	200*	32	111	10,3	39	59	783
Manganèse	µg/l	50*	1211	2610	<5	1,3	207	389
Aluminium	µg/l	200*	16,7	< 20	<10	< 20	<10	< 20
Sulfates	mg/l	250*	497	648	214	175	305	301
Chlorures	mg/l	200	99	142	63	100	44	50
Nitrates	mg/l	50	21	3,8	25	26	44	7,7
Nitrites	mg/l	0,1	4,5	0,02	0,01	< 0,02	0,02	< 0,02
Ammonium	mg/l	0,5*	11	19	<0,05	<0,05	0,12	0,21

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

En plus de ces trois points de mesures, de nombreux sites contaminés jalonnent la vallée de la Meuse autour de Liège. Beaucoup de ces sites, dont les activités étaient liées à l'industrie sidérurgique liégeoise, ont été abandonnés et forment aujourd'hui des friches industrielles. Les pollutions constatées, tant dans la partie du sol non saturé que dans la nappe souterraine, sont assez diverses mais concernent principalement des teneurs anormales en métaux lourds, métaux non-ferreux, cyanure et hydrocarbures. Sous l'action de la SPAQuE, ces sites contaminés sont progressivement assainis puis réhabilités, le plus souvent, en zones d'activités économiques.

Le site de Chimeuse, entre autres, a été occupé par une ancienne cokerie au cours du siècle dernier. Les activités menées sur le site ont provoqué des contaminations sévères en Eléments Traces Métalliques (ETM), hydrocarbures aromatiques cycliques, huiles minérales, cyanure et benzène. L'eau souterraine de la zone présente localement des concentrations anormales en métaux lourds (ETM) et hydrocarbures. A l'heure actuelle, si la pollution présente dans la zone non-saturée de la partie ouest du site a déjà été traitée<sup>11</sup>, la partie est du complexe doit encore être assainie (Antea, 2015 ; ASES, 2009).

Le tableau V.6 reprend des analyses d'eau prélevée dans la nappe alluviale de la Vesdre à Chaudfontaine (seules données disponibles pour cette nappe sur la carte étudiée). Ces résultats

<sup>11</sup>Plus d'informations sur les opérations effectuées sur le site Chimeuse – Ouest peuvent être trouvées sur le site internet de la SPAQuE : <http://www.spaque.be/0133/fr/33/Chimeuse-Ouest?Archive>

ne sont donc pas représentatifs de l'état qualitatif global de la nappe logée dans les alluvions de la Vesdre.

**Tableau V.6 : Caractéristiques hydrochimiques de la nappe alluviale de la Vesdre à Chaudfontaine – Seraing-Chênée**

Source des données : Coca-Cola Enterprise (Chaudfontaine)

Elément	Unité	Niveau- guide RW (Code de l'Eau)	Fourmarier		P3-Chaudfontaine	P8-Chaudfontaine
			27/08/1998	09/01/2006	31/03/1993	13 /12/2013
date						
profondeur	m		7		8,8	8,2
pH	unités pH	>6,5 et <9,5	7,45	7,69	8,29	8,05
Conductivité électrique	µS/cm à 20°C	2100	591	674	657	557
Dureté totale	° français	67,5	27,6	-	30	-
Alcalinité totale	° français	-	-	-	23,88	-
Oxygène dissous	mg/l	-	6	-	-	-
Calcium	mg/l	270*	85,2	87,7	65,2	70
Magnésium	mg/l	50*	16,5	18,6	22,4	24
Sodium	mg/l	150	29	31,4	19,9	16
Potassium	mg/l	12	3,2	4	3,2	2,9
Fer total dissous	µg/l	200*	<60	5	-	<75
Manganèse	µg/l	50*	<20	8	-	<20
Bicarbonates	mg/l	-	-	276	291,3	-
Sulfates	mg/l	250*	50,8	48,2	4,9	42
Chlorures	mg/l	200	33,3	37,6	28	25
Nitrates	mg/l	50	15,8	10,7	10,2	12
Nitrites	mg/l	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,05	0,03	<0,1	<0,02
Silice	mg/l SiO <sub>2</sub>	-	15	-	-	9,4

\* norme de potabilité à défaut de valeur-guide

Dans la vallée de la Vesdre, le site pollué LBP est en cours de réhabilitation<sup>12</sup>. Les travaux sont gérés par la SPAQuE. Les anciennes activités sidérurgiques, arrêtées en 2004, sont très probablement à l'origine des pollutions en huiles minérales, HAP, BTEX et ETM (cuivre, zinc cadmium, etc.) qui ont été constatées (Tauw Belgique, 2011).

Seuls deux ouvrages situés dans la nappe alluviale de l'Ourthe ont fait l'objet d'analyses. Il s'agit de deux puits exploités par l'usine Zinacor à Chênée, qui fabrique des fils de zinc et d'alliage de zinc. Les résultats des prélèvements d'eau souterraine (Tableau V.7) semblent influencés par les activités industrielles ayant lieu sur le site, avec des concentrations significatives en zinc. Leur représentativité n'est donc que locale et ils ne peuvent être extrapolés à l'entièreté de la nappe alluviale de l'Ourthe.

<sup>12</sup> Plus d'informations sur les opérations de réhabilitation effectuées et en cours peuvent être trouvées sur le site internet de la SPAQuE : <http://www.spaque.be/0133/fr/82/LBP>

**Tableau V.7 : Caractéristiques hydrochimiques de la nappe alluviale de l'Ourthe à Chênée – Seraing-Chênée**

Source des données : SPW – DGO3

Elément	Unité	Niveau-guide RW (Code de l'Eau)	P1-Zinacor		P2-Zinacor
			30/11/2010	10/02/2013	10/02/2013
date					
profondeur	m		9,67		6,77
pH	unités pH	>6,5 et <9,5	7,5	7,4	7,3
Conductivité électrique	µS/cm à 20°C	2100	366	486	530
Dureté totale	° français	67,5	45,2	-	-
Calcium	mg/l	270*	68,9	73,3	89,2
Magnésium	mg/l	50*	8,8	10,9	13,6
Sodium	mg/l	150	24,7	26,2	22,9
Potassium	mg/l	12	5,7	5,8	6,8
Fer total dissous	µg/l	200*	24	-	-
Manganèse	µg/l	50*	1,4	-	-
Zinc	µg/l	200	240	210	280
Bicarbonates	mg/l	-	-	-	-
Sulfates	mg/l	250	68	50	60
Chlorures	mg/l	200	31	31	28
Nitrates	mg/l	50	7,1	5	1,5
Nitrites	mg/l	0,1	0,02	-	-
Ammonium	mg/l	0,5*	0,02	<0,5	<0,5
Silice	mg/l SiO <sub>2</sub>	-		-	9,4

\* norme de potabilité à défaut de valeur-guide

### V.1.3. Unités hydrogéologiques schisto-gréseuses du Dévonien moyen et inférieur

Peu de données représentatives sont disponibles pour caractériser les eaux issues du socle schisto-gréseux du Dévonien moyen et inférieur sur la carte de Seraing-Chênée. Ces unités hydrogéologiques sont en effet peu exploitées dans la région étudiée, excepté quelques puits de particuliers.

Il existe toutefois plusieurs piézomètres atteignant le socle schisto-gréseux du bord nord du Synclinorium de Dinant. Ils sont situés sur et autour des crassiers de la Chatqueue et du Bois Saint-Jean à Seraing. Ces zones sont fortement polluées en hydrocarbures, ETM, chlorures et cyanures. Si le terri de la Chatqueue est toujours exploité par Arcelor Mittal, son permis d'environnement ayant été renouvelé en 2014, celui du Bois Saint-Jean n'est plus utilisé comme décharge depuis 1987. Des travaux de réhabilitation ont été menés par la SPAQuE sur certaines parties du site entre 2002 et 2005, en vue de l'extension du parc scientifique « Liege Science Park ». Les deux décharges font aujourd'hui l'objet d'un programme de surveillance environnementale, incluant le monitoring régulier de la qualité des eaux souterraines sur et autour des sites (SPAQuE, 2009 ; SGS, 2013).

Dans les années 1970, des études hydrogéologiques ont été menées sur le site du Sart-Tilman. Plusieurs venues d'eau issues des nappes de fissures dans le promontoire Meuse-Ourthe ont été

échantillonnées (Calement & Monjoie, 1973). Le tableau V.8 présente les résultats obtenus sur une trentaine d'analyses des éléments majeurs.

**Tableau V.8 : Caractéristiques hydrochimiques d'eaux des terrains schisto-gréseux du Dévonien moyen et inférieur**

(Calement & Monjoie, 1973)

Elément	Unité	Niveau-guide RW (Code de l'eau)	Valeurs mesurées
pH	unités pH	>6,5 et <9,5	6,2 à 7
Dureté totale	° français	67,5	8 à 13
Alcalinité totale	° français	-	4 à 11
Calcium	mg/l	270*	30 à 60
Magnésium	mg/l	50*	2,8 à 6
Fer total dissous	mg/l	200*	0,2 à 1,25
Manganèse	mg/l	50*	0,02 à 0,7
Sulfates	mg/l	250*	16 à 90
Chlorures	mg/l	200	17 à 21

\* norme de potabilité à défaut de valeur-guide

#### V.1.4. Aquifère des craies de Hesbaye

Les eaux de la nappe des craies de Hesbaye sont de faciès bicarbonaté calcique et de dureté élevée (35 à 45°F). Le tableau V.9 reprend deux analyses d'eau prélevée à la sortie de l'aqueduc d'Hollogne. Les concentrations en nitrates observées sont significatives bien qu'inférieures à la limite de potabilité (voir section V.2).

**Tableau V.9 : Caractéristiques hydrochimiques d'eaux de la nappe des craies de Hesbaye**

Source des données : CILE

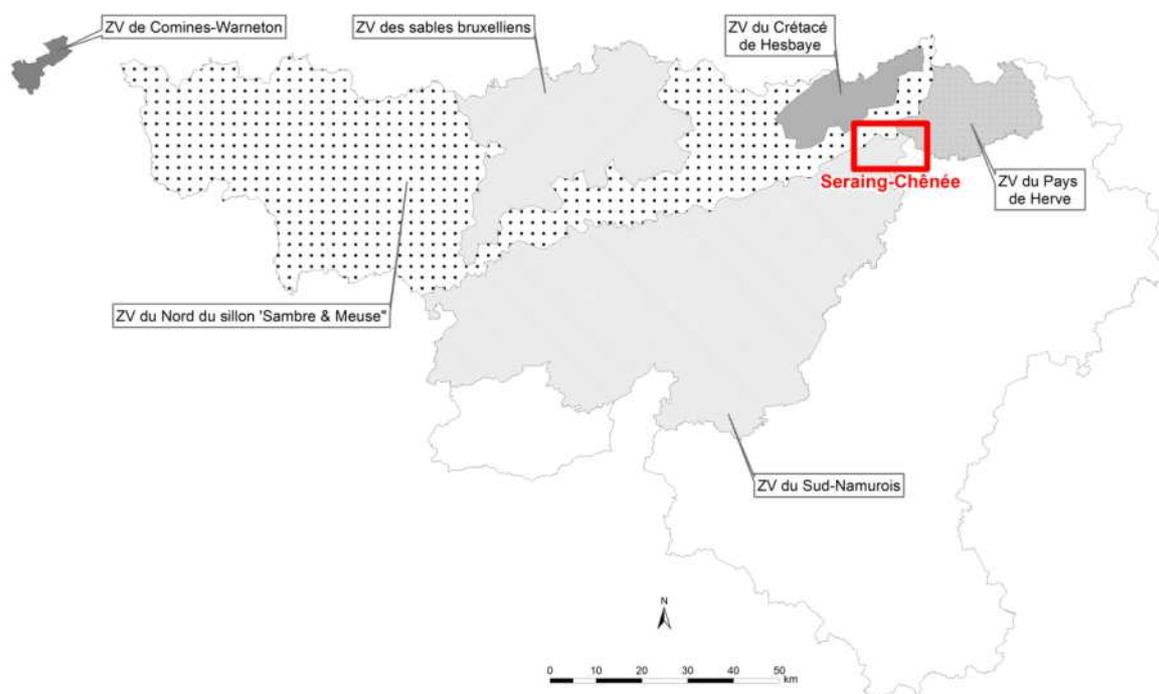
Elément		Niveau-guide RW (Code de l'Eau)	Réservoir d'Hollogne	
			03/08/2004	12/05/2014
date				
pH	unités pH	>6,5 et <9,5	7,33	7,64
Conductivité électrique	µS/cm à 20°C	2100	776	775
Dureté totale	° français	67,5	42,8	41,8
Alcalinité totale	° français	-	-	28,2
Calcium	mg/l	270*	150	147,6
Magnésium	mg/l	50*	13,1	12,2
Sodium	mg/l	150	14,7	14,6
Potassium	mg/l	12	2,48	2,56
Strontium	µg/l	750**	335	320
Fer total dissous	µg/l	200*	<20	<20
Manganèse	µg/l	50*	2,15	3,2
Bicarbonates	mg/l	-	338	344
Sulfates	mg/l	250*	72,4	72,6
Chlorures	mg/l	200	52,4	49,7
Nitrates	mg/l	50	42	42,5
Nitrites	mg/l	0,1	<0,05	<0,10
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,05	<0,05
Silice	mg/l SiO <sub>2</sub>	-	14,9	7,2

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

## V.2. PROBLEMATIQUE DES NITRATES

Pour protéger les eaux contre la pollution par les nitrates, plusieurs "zones vulnérables" ont été désignées par arrêtés ministériels (Figure V.2). Ces zones reprennent la quasi-totalité des captages échantillonnés dont la teneur en nitrate dépasse ou risque de dépasser 50 mg/l. 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](http://www.nitrawal.be).

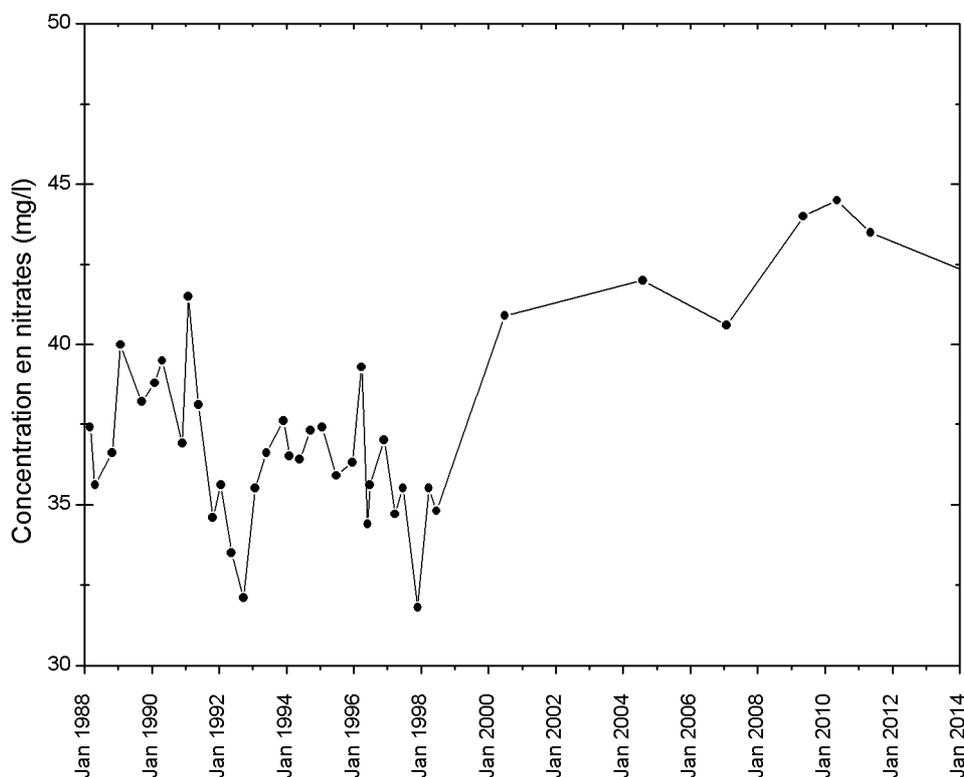
Le territoire couvert par la carte Seraing-Chênée s'étend sur quatre zones vulnérables aux nitrates définies par le gouvernement wallon : les zones du Sud Namurois, du Nord du sillon Sambre & Meuse, du Crétacé de Hesbaye et du Pays de Herve (arrêtés ministériels du 28 juillet 1994, du 22 décembre 2006 & 22 novembre 2012).



**Figure V.2 : Zones vulnérables aux nitrates – Seraing-Chênée**

Depuis plusieurs années, les compagnies de distribution d'eau et l'administration wallonne surveillent de manière très régulière les concentrations en nitrates de plusieurs captages ou puits de contrôle. La teneur maximale admise en Wallonie est 50 mg NO<sub>3</sub>/l. On ne dispose pas de suffisamment de données pour présenter un historique représentatif de l'évolution des concentrations des nitrates dans les eaux souterraines pour l'ensemble des unités hydrogéologiques présentes sur la carte Seraing-Chênée.

Depuis de nombreuses années, en Hesbaye, la CILE prélève régulièrement des échantillons d'eau au droit de ses captages afin de surveiller l'évolution des concentrations en nitrates. La figure V.3 présente les teneurs en nitrates de l'eau prélevée à la sortie de l'aqueduc d'Hollogne, au nord-ouest de la carte Seraing-Chênée. Ces données, qui représentent une moyenne des concentrations en nitrates des eaux souterraines de la zone exploitée par la galerie, montrent des valeurs assez élevées bien qu'inférieures à la norme de potabilité, avec une tendance à la hausse ces quinze dernières années. Ces concentrations importantes s'expliquent par l'activité agricole intense pratiquée dans la zone vulnérable du Crétacé de Hesbaye, qui est drainée par les galeries de la CILE. Il faut signaler que les eaux issues des réservoirs finaux sont en réalité un mélange entre, d'une part, l'eau provenant des galeries nord moins riches en nitrates, et, d'autre part, l'eau arrivant des galeries sud dont la teneur en nitrates est plus élevée.

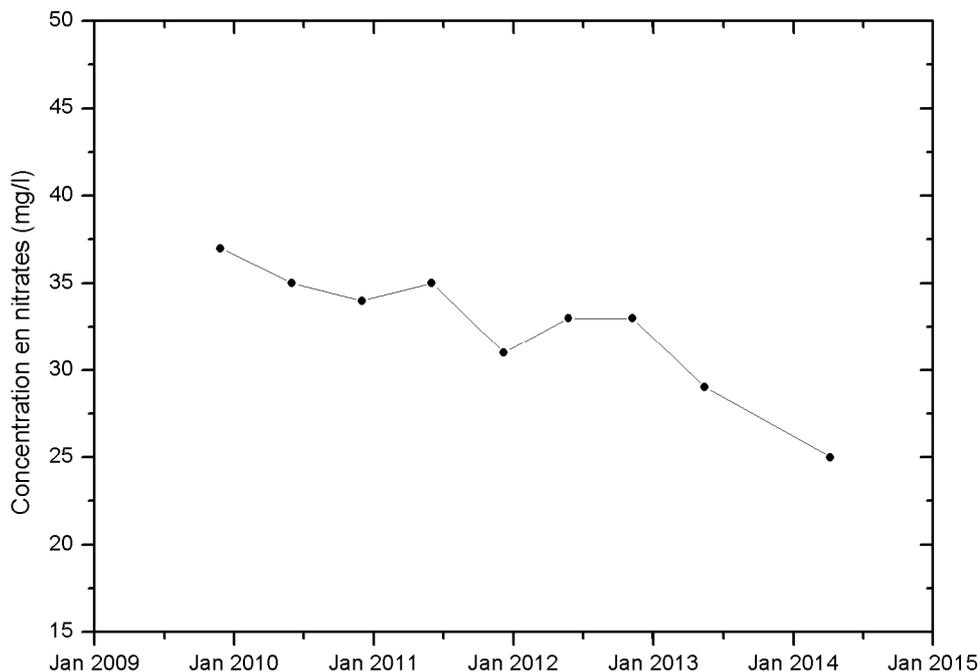


**Figure V.3 : Evolution des teneurs en nitrates dans les eaux prélevées au réservoir d'Hollogne – Nappe des craies de Hesbaye**

Les eaux de l'aquifère thermal des calcaires frasniens de la région de Chaudfontaine-Embourg sont également suivies régulièrement. Les concentrations en nitrates observées dans ces eaux sont négligeables, inférieures à 1 mg/l (Tableau V.4).

Sur les hauteurs de Chaudfontaine, le suivi récent du puits P-Lux (Figure V.4) indique un contenu de l'eau en nitrates plus important. Pour rappel, ce puits est situé en bordure des calcaires frasniens mais n'est pas suffisamment profond pour atteindre l'aquifère thermal exploité pour la mise en bouteille et par les thermes. Les concentrations en nitrates observées corroborent la plus grande vulnérabilité de ce puits aux pollutions venant de la surface et sont très probablement liées aux activités agricoles menées aux alentours immédiats du puits. La tendance à la baisse des concentrations en nitrates depuis 2009 pourrait être expliquée par les mesures prises pour lutter contre la contamination des eaux souterraines par les exploitations fermières, comme la rotation

annuelle de l'emplacement de stockage du purin. Néanmoins, des investigations plus détaillées devraient être entreprises avant de confirmer cette hypothèse.



**Figure V.4 : Evolution des teneurs en nitrates dans les eaux prélevées au puits P-Lux – Masse d'eau des calcaires et grès de la Vesdre (RWM142)**

Toujours à Chaudfontaine, la société d'embouteillage exploite aussi la nappe alluviale de la Vesdre pour les opérations industrielles de rinçage et de lavage. Les concentrations en nitrates y sont supérieures aux eaux thermales, tout en restant nettement inférieures à la norme de la Région wallonne (50 mg/l). Les teneurs sont de l'ordre de 10 à 15 mg/l  $\text{NO}_3$  (Tableau V.6).

Les concentrations en nitrates relevées dans la nappe alluviale de l'Ourthe à Chênée (Tableau V.7) sont assez faibles, inférieures à 10 mg/l  $\text{NO}_3$ .

Concernant la nappe alluviale de la Meuse, le suivi des puits du réseau de surveillance qualité DCE (Figure V.5) montre une variabilité spatio-temporelle des teneurs en nitrates assez importante. Ces changements de concentrations dans le temps et l'espace peuvent s'expliquer par l'occurrence des rejets polluants passés ou présents mais aussi par les phénomènes de transport et de dégradation des polluants qui ont lieu dans l'aquifère.

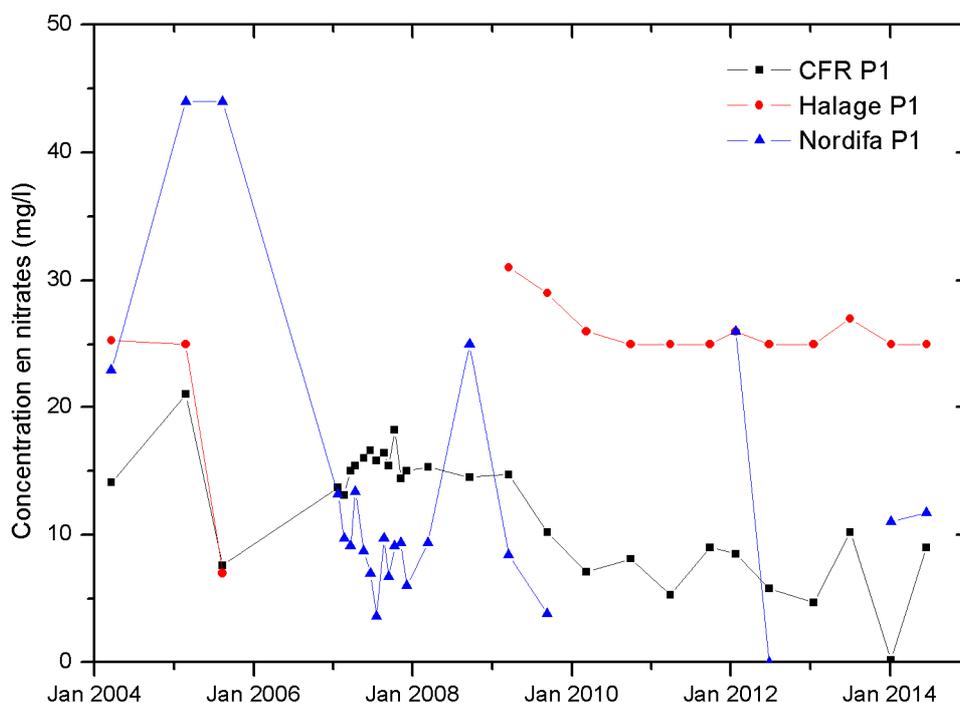


Figure V.5 : Evolution des teneurs en nitrates dans les eaux prélevées aux puits CFR P1, Halage P1 et Nordifa P1 – Nappe alluviale de la Meuse

### V.3. QUALITE BACTERIOLOGIQUE

Les paramètres microbiologiques des eaux destinées à la distribution publique sont régulièrement mesurés par les compagnies d'eau. Ainsi, la qualité microbiologique des eaux est définie à partir de la présence de bactéries indicatrices de contamination fécale telle que les entérocoques, E. Coli ou les coliformes.

D'après les données disponibles (Tableau V.10), les eaux du seul captage destiné à la distribution publique sur la carte Seraing-Chênée, le réservoir d'Hollogne (CILE), ne présentent pas d'anomalie majeure d'un point de vue bactériologique. Une chloration, opérée avant la distribution de l'eau sur le réseau, assure la neutralisation des colonies bactériennes éventuellement présentes au niveau du réservoir et, de façon préventive, dans les conduites.

Tableau V.10 : Paramètres microbiologiques des eaux du réservoir d'Hollogne.

Source des données : CILE

Paramètre	Unité	Niveau-guide RW (Code de l'Eau)	Réservoir d'Hollogne	
			08/2004	05/2014
date				
Germes totaux à 22°C	nbre / ml	-	251	0
Germes totaux à 37°C	nbre / ml	-	0	0
Coliformes totaux	nbre / 100 ml	0	0	4
Escherichia coli	nbre / 100 ml	0	0	0
Entérocoques fécaux	nbre / 100 ml	0	0	0
Clostridium perfringens	nbre / 100 ml	0	0	0

Les analyses bactériologiques effectuées sur des prises d'eau privées ou à usage industriel et agricole sont rares. Les données disponibles pour caractériser les unités hydrogéologiques autres que le Crétacé de Hesbaye sur la carte Seraing-Chênée sont donc particulièrement lacunaires (Tableau V.11). Dans la masse d'eau des grès et calcaires de la Vesdre, le puits P-Lux semble être caractérisé par un contenu bactérien plus important. Cela appuie la possibilité d'une exposition du puits à des pollutions venant de la surface, révélée par la composition chimique du tableau V.4 (teneurs élevées en sulfates, nitrates et chlorures). Les autres analyses, effectuées sur des échantillons prélevés dans les nappes alluviales de la Meuse et de l'Ourthe, montrent une qualité bactériologique satisfaisante.

**Tableau V.11 : Paramètres microbiologiques des eaux souterraines de la carte Seraing-Chênée**

Source des données : SPW – DGO3

Unité hydrogéologique			Masse d'eau des grès et calcaires de la Vesdre				Aquifère alluvial			
Paramètre	Unité	Niveau-guide (Code de l'Eau)	P-Lux				CFR P1	Halage P1	Nordifa P1	Zinacor P1
date			07/03/2005	31/05/2010	30/11/2010	12/03/2014	23/01/2012	23/01/2012	23/01/2012	30/11/2010
Germes totaux à	nbre / ml	-	790	102	75	-	2	150	31	120
Germes totaux à	nbre / ml	-	810	-	-	136	-	-	-	-
Coliformes totaux	nbre / 100 ml	0	80	0	0	0	0	0	0	1

## V.4. PESTICIDES

La présence de pesticides dans les eaux potabilisables devient, au même titre que les nitrates, relativement préoccupante. Depuis plusieurs années, une centaine de pesticides sont recherchés dans les eaux souterraines destinées à la consommation humaine. Les herbicides font partie des micropolluants les plus problématiques, qu'ils soient d'usage agricole ou non agricole, dans le sens où ils impliquent des traitements de potabilisation spécifiques et parfois très coûteux (SPW-DGO3, 2014; ICEW, 2012).

La figure V.6 montre l'impact des pesticides sur la qualité des eaux souterraines wallonnes. Cette carte illustre l'indicateur 'Pesticides dans les eaux souterraines (n°91)' de l'analyse des composantes de l'environnement présentée dans le rapport sur l'état de l'environnement wallon 'Les Indicateurs clés de l'Environnement Wallon 2012' (ICEW, 2012). Cet indicateur rend compte de manière simplifiée et globale de la qualité des eaux souterraines wallonnes par rapport aux pesticides. Les indices<sup>13</sup> de qualité révèlent que les aquifères investigués de la région Seraing-Chênée sont classés en catégorie 'Moyenne' à 'Très bonne' pour l'altération 'Pesticides'. La zone classée en catégorie 'Moyenne' ne concerne qu'une petite partie au nord-ouest de la carte, qui correspond à la limite sud du Crétacé de Hesbaye. Il faut noter néanmoins que, n'étant pas définie comme masse d'eau souterraine au sens de la Directive cadre sur l'eau, la masse d'eau virtuelle des schistes houillers, qui couvre une bonne partie de la carte, ne s'est pas vue définir d'indice qualité pesticide.

<sup>13</sup>Indice calculé à partir des concentrations moyennes annuelles en atrazine, déséthylatrazine, simazine, diuron, isoproturon, chlortoluron, bromacil, bentazone et 2,6-dichlorobenzamide (BAM)

## IMPACT DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES SUR LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

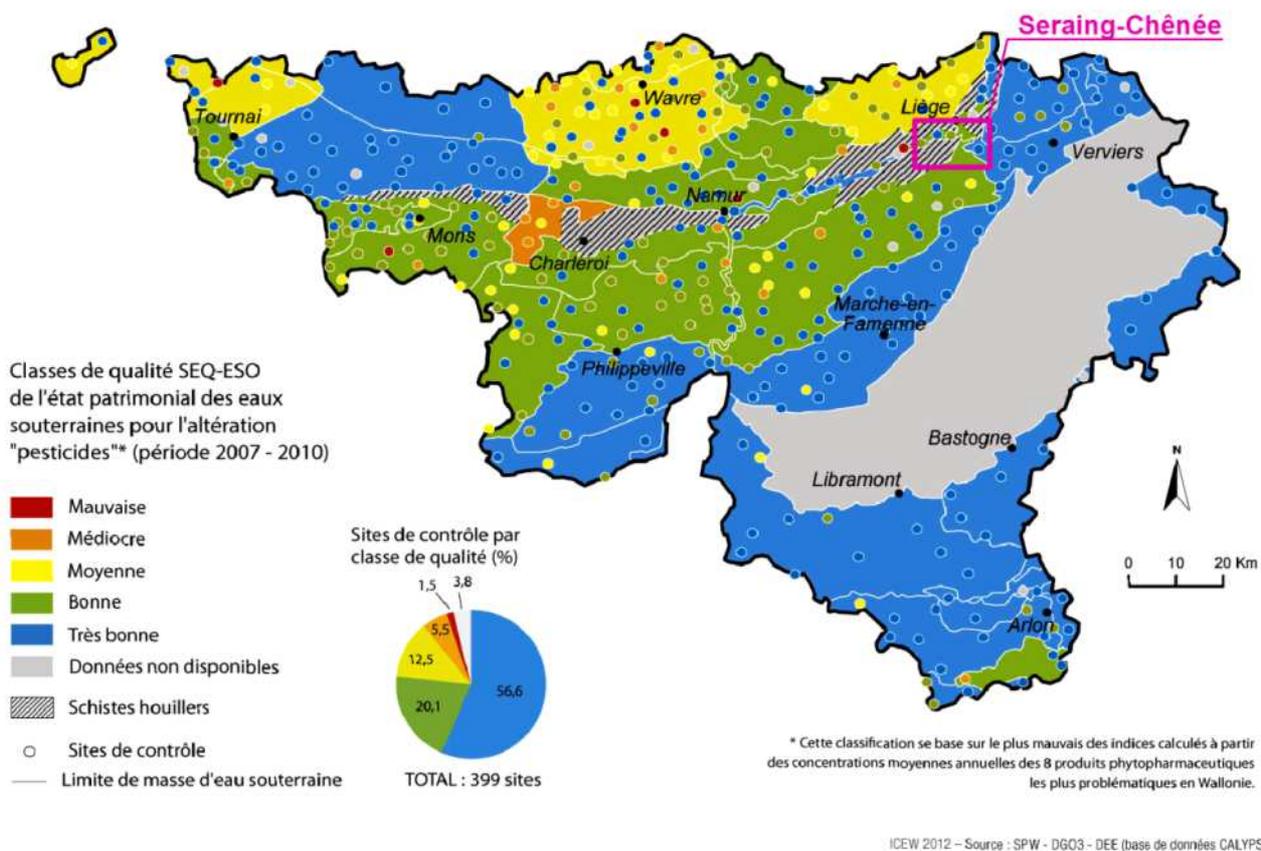


Figure V.6 : Pesticides en Région wallonne (ICEW, 2012; carte 19 modifiée)

A l'instar des analyses microbiologiques, les analyses sur les pesticides concernent généralement les eaux captées par les ouvrages publics et destinées à la distribution. Les valeurs maximales admises par le Code de l'Eau pour la plupart de ces produits phytosanitaires (ici, essentiellement des herbicides) sont de 100 ng/l. D'après les données disponibles (Figure V.7 et Tableau V.12), les eaux du réservoir d'Hollogne présentent des concentrations en pesticides significatives, justifiant la classe de qualité 'moyenne' attribuée à la masse d'eau souterraine du bassin du Geer pour l'altération 'pesticides'. Les concentrations relevées en bentazone peuvent, notamment, approcher temporairement la norme de potabilité.

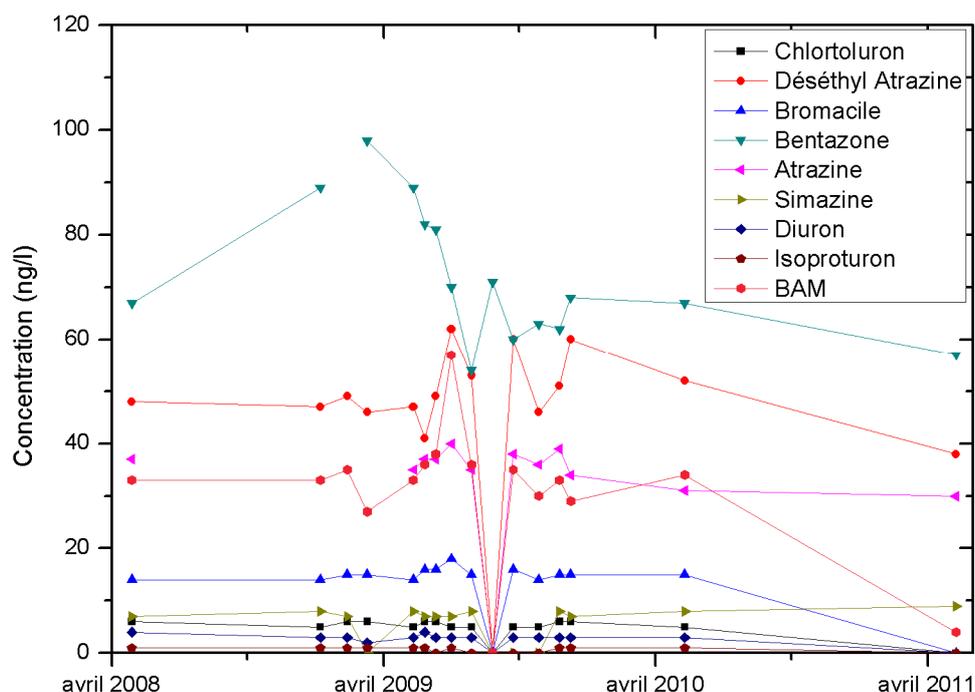


Figure V.7 : Evolution des teneurs en principaux pesticides des eaux du réservoir d'Hollogne – aquifère des craies de Hesbaye

Tableau V.12 : Principaux pesticides analysés dans la nappe des craies de Hesbaye et dans la nappe alluviale de la Meuse – Seraing-Chênée

Sources des données : CILE, SPW – DGO3

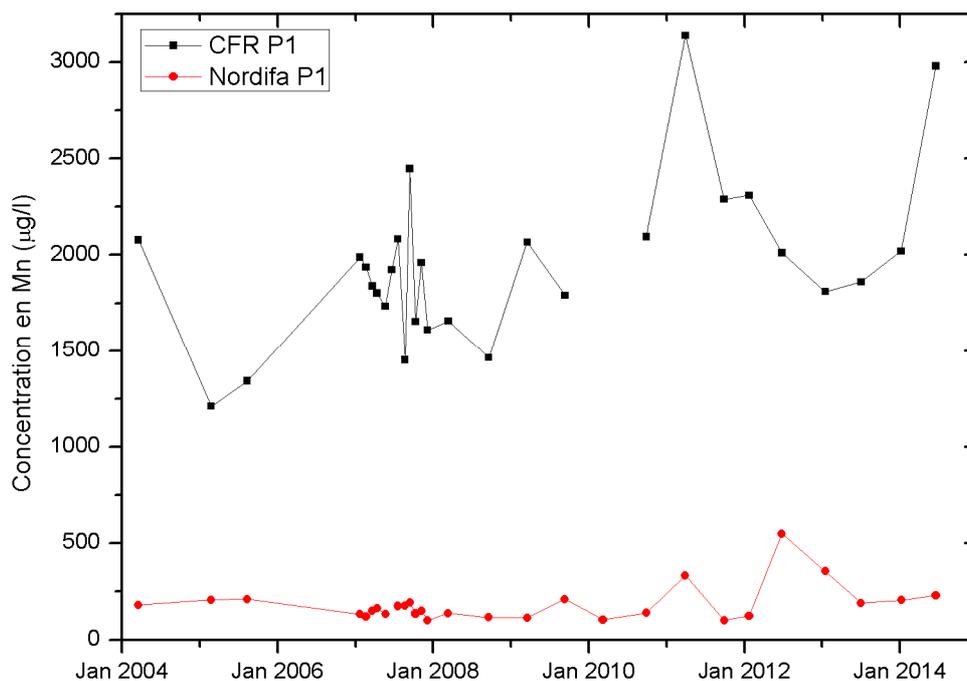
Unité hydrogéologique			Aquifère des craies de Hesbaye		Aquifère alluvial de la vallée de la Meuse						
Elément	Unité	Niveau-Guide (Code de l'eau)	Réservoir d'Hollogne		CFR-P1		Halage-P1		P1-Nordifa		
			24/07/2000	12/05/2014	22/02/2005	25/06/2012	22/02/2005	25/06/2012	23/02/2005	25/06/2012	
date											
Atrazine	ng/l	100	26	27	<10	<10	25	<10	<10	<10	
Déséthylatrazine	ng/l	100	32	35	<10	<10	58	41	11	<10	
Simazine	ng/l	100	6	7	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
Diuron	ng/l	100	0	2	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
Isoproturon	ng/l	100	0	<1	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
Chlortoluron	ng/l	100	1	2	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
Bromacile	ng/l	100	0	6	<10	<10	<10	<10	98	<10	
Bentazone	ng/l	100	0	99	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
2,6-dichlorobenzamide (BAM)	ng/l	100	-	19	-	<10	-	13	-	<10	

Des traces d'atrazine et de ses produits de dégradation (déséthylatrazine), ainsi que de bromacile et de 2,6-dichlorobenzamide, ont été occasionnellement observées dans la nappe alluviale de la Meuse sur la carte Seraing-Chênée (Tableau V.12). Il faut noter que la valeur, extrêmement élevée, en bromacile pour le puits Nordifa-P1 mesurée en 2005 (réseau SEQ-ESO) semble un fait local et temporaire. En effet, les analyses plus récentes (2006 à 2012) montrent une concentration en bromacile inférieure à 10 ng/l.

Pour leur part, les analyses effectuées sur les eaux de l'aquifère géothermal des calcaires frasniens destinées à la mise en bouteille n'ont révélé aucune trace mesurable de pesticides. Il en est de même pour la nappe alluviale de la Vesdre à Chaudfontaine.

## V.5. METAUX

La présence de concentrations élevées en éléments métalliques dans les eaux souterraines de la carte Seraing-Chênée a déjà été évoquée au paragraphe V.1. Elle concerne principalement la nappe alluviale de la Meuse, où les nombreuses activités industrielles des décennies passées ont provoqué une pollution importante en certains éléments caractéristiques (Tableau V.13). Le suivi des puits CFR-P1 et Nordifa-P1 (Figure V.8) montre, par exemple, des concentrations en manganèse largement supérieures (jusqu'à plus de 40 x pour le puits CFR) à la norme de potabilité (50 µg Mn/l).



**Figure V.8 : Evolution des teneurs en manganèse aux puits CFR P1 et Nordifa P1 – Aquifère alluvial de la Meuse**

Comme signalé précédemment, du zinc a été retrouvé dans les eaux de la nappe alluviale de l'Ourthe à Chênée (Tableau V.7), en lien probable avec l'activité industrielle locale. Pour leur part, les eaux du réservoir d'Hollogne, issues de l'aquifère des craies de Hesbaye, montrent des teneurs en métaux négligeables (Tableau V.13). Les analyses effectuées montrent toutes des valeurs largement inférieures aux normes de potabilité.

**Tableau V.13 : Teneurs en métaux dans les eaux souterraines de l'aquifère des craies de Hesbaye et de l'aquifère alluvial de la Meuse – Seraing-Chênée**

Sources des données : CILE, SPW – DGO3

Unité hydrogéologique			Aquifère des craies de Hesbaye		Aquifère alluvial de la vallée de la Meuse					
Elément	Unité	Niveau-guide (code de l'eau)	Réservoir d'Hollogne		CFR-P1		Halage-P1		Nordifa-P1	
			03/08/2004	12/05/2014	22/02/2005	25/06/2012	22/02/2005	25/06/2012	23/02/2005	18/06/2014
Mercure	µg/l	1	0	<0,1	<0,1	<0,05	<0,1	<0,05	<0,1	<0,05
Fer	µg/l	200	0	<20	32	84	10,3	105	59	490
Manganèse	µg/l	50	2,15	3,2	1211	2012	<5	5,8	207	231
Plomb	µg/l	10	0	<0,5	1,6	<1	<0,5	<1	1,2	<1
Bore	µg/l	1000	57,4	18	202	146	128	84	323	265
Nickel	µg/l	20	0	<1	13	6,8	<2	1,3	9,9	1,8
Sélénium	µg/l	10	0	1,6	1,5	<1	3,1	<1	2,8	2,7
Cadmium	µg/l	5	0	<0,1	<0,2	0,09	<0,2	<0,03	<0,2	<0,03
Cuivre	µg/l	2000	0	<10	22	<1	<2	<1	2,6	<1
Zinc	µg/l	200*	0	<25	22	21	36	1	<20	11
Arsenic	µg/l	10	0	0,5	0,7	<1	0,2	<1	3	<1
Chrome (total)	µg/l	50	0	0,8	3,4	<1	7,7	4,8	1,05	<1
Antimoine	µg/l	5	0	<0,25	2,2	<1	<0,2	<1	<0,2	<1

\*au départ des installations de traitement

L'aquifère thermal de Chaudfontaine est caractérisé par des teneurs significatives en certains éléments métalliques, notamment en fer et surtout en manganèse (Tableau V.14). Les teneurs observées en manganèse des eaux analysées dépassent légèrement mais systématiquement la norme de potabilité.

**Tableau V.14 : Teneurs en métaux dans les eaux souterraines de l'aquifère thermal de Chaudfontaine – Seraing-Chênée**

Source des données : Coca-Cola Entreprise (Chaudfontaine)

Elément	Unité	Niveau-guide (code de l'eau)	Puits Astrid				Puits Charlemagne			
			22/08/2001	22/09/2005	21/06/2007	12/06/2012	27/08/1998	26/06/2003	21/06/2007	31/08/2010
Mercure	µg/l	1	<0,5	<0,1	<0,1	<0,05	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fer	µg/l	200	<100	<75	<75	192,9	326	<100	86	92
Manganèse	µg/l	50	64	63	61	64,9	54	64	-	65
Plomb	µg/l	10	<5	<5	<5	<0,2	<5	<5	<5	<5
Bore	µg/l	1000	61	<100	<80	66,3	<1000	96	<80	<80
Nickel	µg/l	20	<5	<5	<5	0,2	<10	<5	<5	<5
Sélénium	µg/l	10	<0,5	<1	<1	<0,2	<1	<0,5	<0,5	<0,5
Cadmium	µg/l	5	<0,5	<0,5	0,87	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,05
Cuivre	µg/l	2000	<20	<20	<20	<1	<20	<20	<20	<20
Zinc	µg/l	200*	<20	-	-	<8	<20	<20	-	-
Arsenic	µg/l	10	<0,5	<1	<1	<0,2	<1	<0,5	<0,5	<0,5
Chrome (total)	µg/l	50	<1	<1	<1	<0,2	<2,5	<1	<1	<1
Antimoine	µg/l	5	<0,5	<1	<2	<0,2	<1	<0,5	<0,5	<2

\*au départ des installations de traitement

## VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES

Les données présentées dans ce chapitre sont extraites de la base de données du Service Public de Wallonie. Malheureusement, l'encodage des volumes d'eau prélevés n'est pas complet. Ceci concerne principalement les petits exploitants et donc les petits volumes (< 3000 m<sup>3</sup>/an). Les puits des particuliers et des agriculteurs ne sont pas tous pourvus d'un compteur.

Sur la carte thématique intitulée "Carte des volumes d'eau prélevés", les volumes sont classés selon différentes catégories : les prélèvements d'eau destinés à la distribution publique d'eau potable (pastilles rouges), les prélèvements à usage privé<sup>14</sup> (pastilles vertes) et les prélèvements de démergement (pastilles brun roux). Les volumes présentés sont des volumes de l'année 2014 pour les ouvrages de distribution publique d'eau, de 2013 pour les volumes de démergement et de 2012 pour les "autres volumes". Sur cette même carte, sont aussi reportés les volumes moyens sur cinq ans, ici 2008-2012. Ils illustrent de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la carte étudiée. Ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni de l'exploitation réelle des nappes. Elles reflètent simplement l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées. Parmi ces dernières, il se peut que certaines d'entre elles soient des années sans prélèvement.

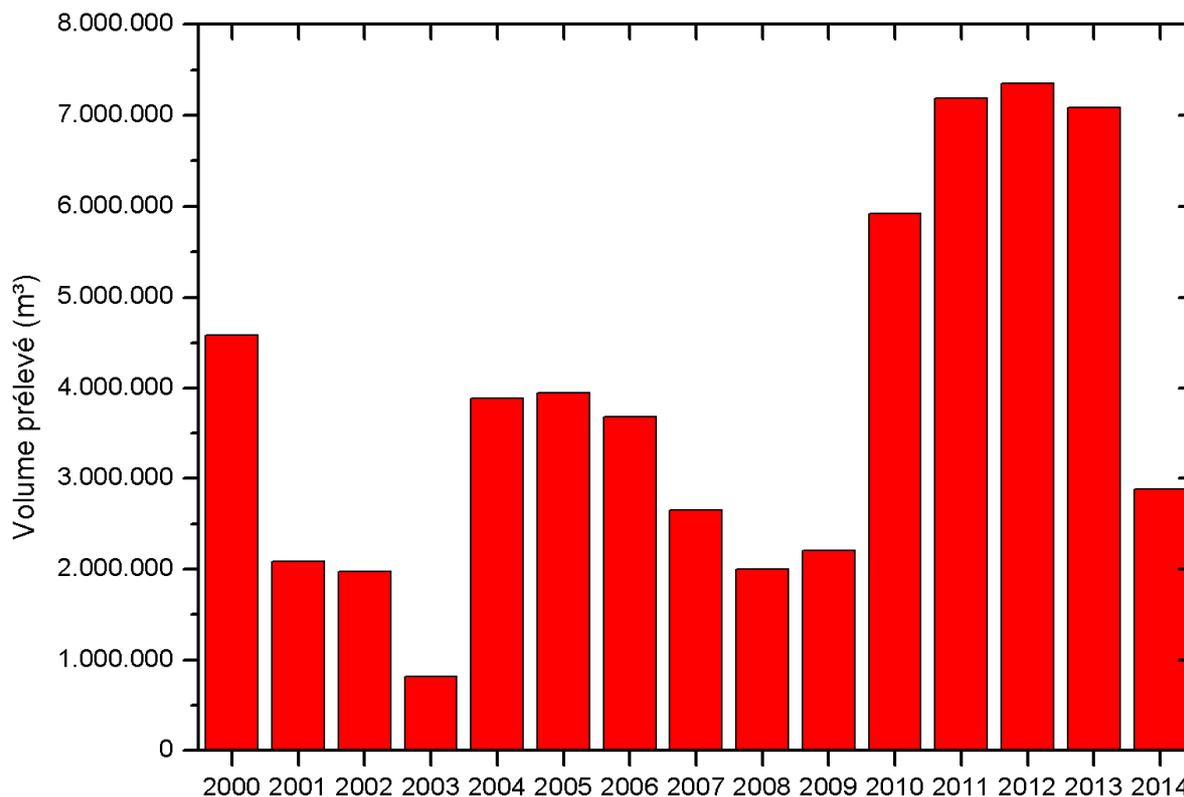
### Prélèvements destinés à la distribution publique d'eau potable

Sur la carte Seraing-Chênée, en 2014, une seule prise d'eau destinée à la distribution publique est active. Il s'agit du réservoir d'Hollogne, qui collecte l'eau de l'aquifère des craies de Hesbaye via un réseau de galeries drainantes exploitées par la CILE. Etant donné que seul l'exutoire du réseau de galeries de la CILE est présent sur la carte de Seraing-Chênée, les caractéristiques de ce dernier ne sont pas développées dans cette notice. Plus d'informations sur le réseau de galeries drainantes de Hesbaye et son exploitation peuvent être trouvées dans les notices des cartes hydrogéologiques Alleur-Liège (42/1-2) et Waremme-Momalle (41/3-4).

Les volumes prélevés par la CILE au réservoir d'Hollogne durant ces quinze dernières années sont repris sur l'histogramme de la figure VI.1. Le volume moyen prélevé au cours de cette période est d'environ 3 765 000 m<sup>3</sup>/an, avec un maximum de 7 351 748 m<sup>3</sup> en 2012 et un minimum de 814 038 m<sup>3</sup> en 2003. En 2014, 2 883 311 m<sup>3</sup> ont été prélevé par la CILE pour desservir Liège et une partie de son agglomération.

---

<sup>14</sup>La catégorie "Autres volumes" regroupe les volumes à usage privé, c'est-à-dire les prélèvements des particuliers, des agriculteurs, des industries... tout prélèvement d'eau souterraine qui n'est pas destinée à la distribution publique d'eau potable.



**Figure VI.1 : Volumes prélevés pour la distribution publique d'eau potable au réservoir d'Hologne - Aquifère des Craies de Hesbaye – Seraing-Chênée**

#### Autres prélèvements (industries, agriculteurs, particuliers)

L'aquifère thermal des **calcaires frasniens** de la région de Chaudfontaine est exploité depuis de nombreuses années pour la mise en bouteille d'eau minérale et la production de limonades et sodas. Les installations d'embouteillage de Chaudfontaine sont aujourd'hui la propriété de la société Coca-Cola Enterprise, qui a racheté en 2003 la marque d'eau minérale Chaudfontaine, anciennement détenue par la société s.a. Chaudfontaine Monopole. L'eau de l'aquifère thermal de Chaudfontaine est également utilisée, dans une moindre mesure, par les thermes de Chaudfontaine et la piscine communale. L'exploitation de l'aquifère thermal des calcaires frasniens se fait par des puits profonds, traversant les formations schisto-gréseuses du Famennien qui surplombent le réservoir dans la région de Chaudfontaine.

L'eau utilisée pour la mise en bouteille est prélevée principalement aux puits Charlemagne et Astrid. Sur la période 1995-2012, en moyenne, les volumes prélevés s'élèvent à environ 100 000 m<sup>3</sup>/an pour le puits Charlemagne et à environ 120 000 m<sup>3</sup>/an pour le puits Astrid (Figure VI.2). En 2014, 133 392 et 87 730 m<sup>3</sup> ont été prélevés respectivement aux puits Charlemagne et Astrid. Les puits Philippe et Graulich sont des puits placés en réserve, utilisés occasionnellement. L'eau du puits P12 est, elle, exploitée par les thermes et la piscine. Environ 50 000 m<sup>3</sup>/an ont été prélevés en moyenne sur la période 1995-2012. En 2014, 52 579 m<sup>3</sup> ont été prélevés à ce puits.

Sur les hauteurs de Chaudfontaine, le puits P-Lux capte environ 2 000 m<sup>3</sup>/an dans la masse d'eau des calcaires et grès de la Vesdre. L'eau pompée est destinée à un usage agricole.

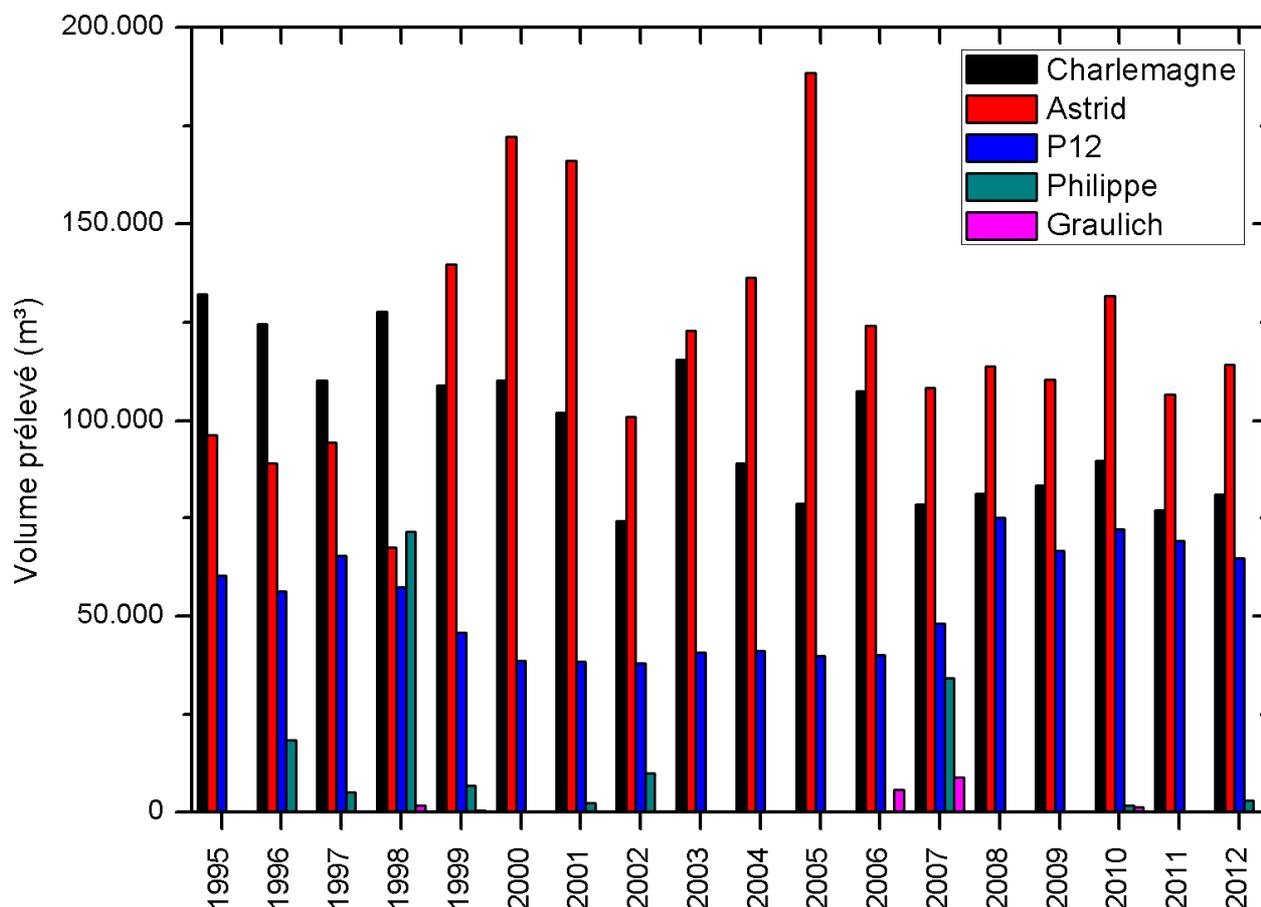
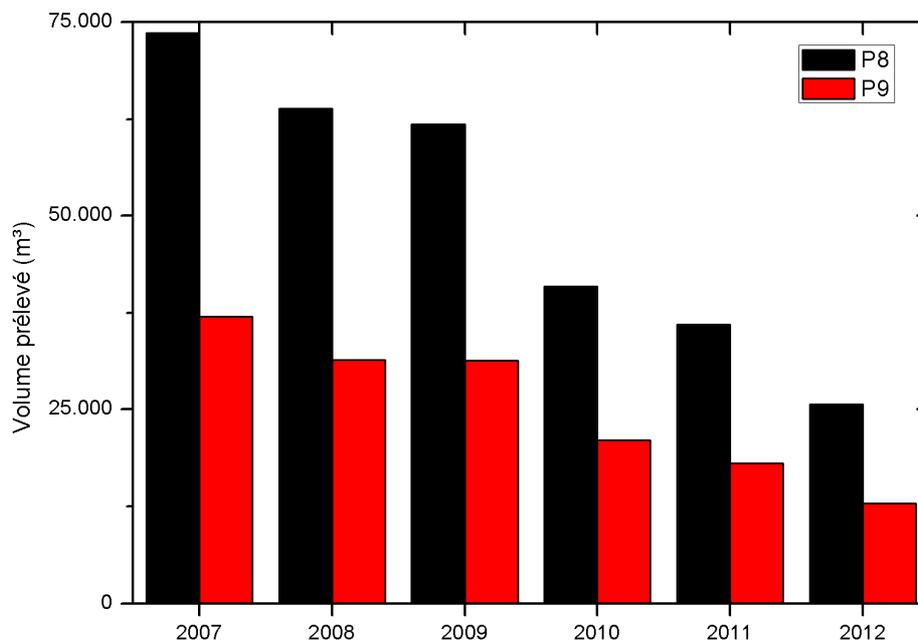


Figure VI.2 : Volumes prélevés dans l'aquifère thermal des calcaires frasniens dans la région de Chaumontaine – Seraing-Chênée

A Chaumontaine toujours, en plus des captages situés dans l'aquifère thermal des calcaires frasniens, Coca-Cola Enterprise détient plusieurs puits creusés dans la **nappe alluviale de la Vesdre**, dont l'eau est utilisée dans les processus de production de l'usine d'embouteillage (refroidissement, lavage et rinçage). Encore de 260 000 m<sup>3</sup> en 2003, le volume extrait annuellement de l'ensemble des ouvrages n'était plus que de 45 000 m<sup>3</sup> en 2014, prélevé principalement sur deux puits (P8 et P9). Cette baisse importante est le fruit d'un programme d'économie d'eau mis en place par Coca-Cola Enterprise en 2007 (Figure VI.3).



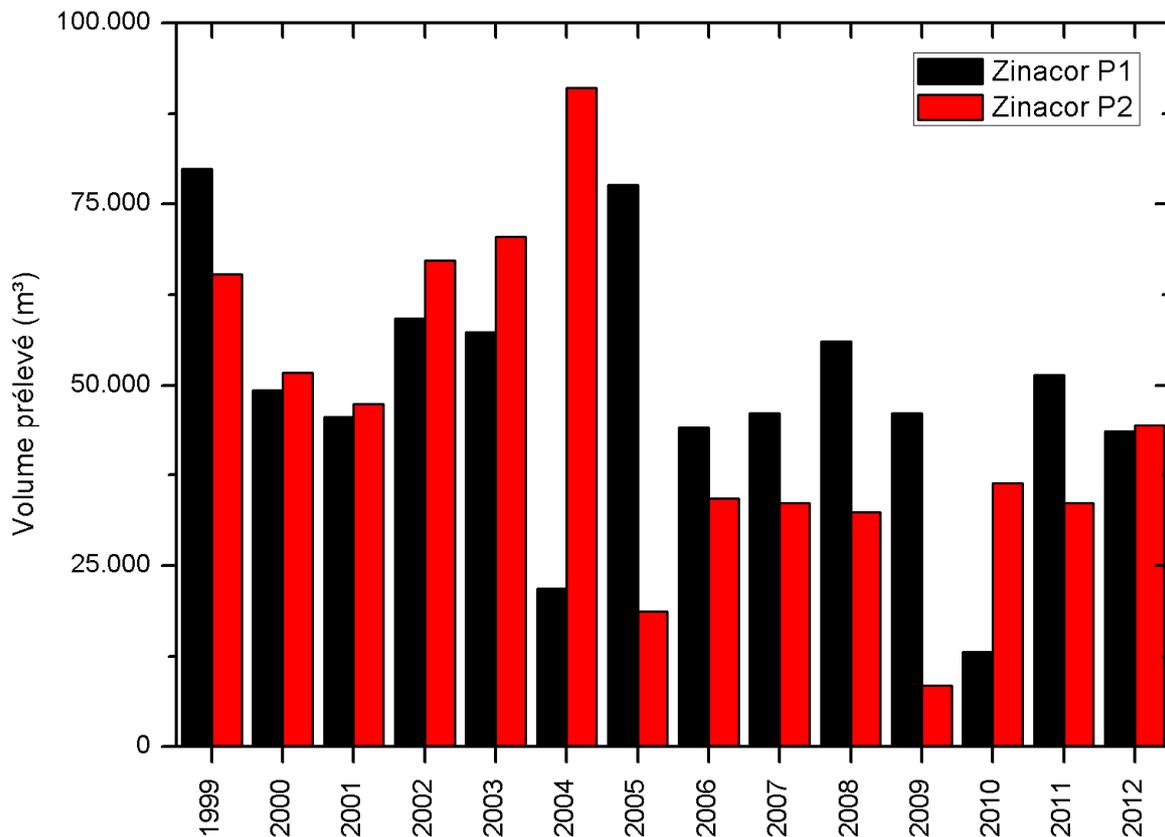
**Figure VI.3 : Volumes prélevés dans l'aquifère alluvial de la Vesdre par Coca-Cola Enterprise – Seraing-Chênée**

Légèrement en amont de Chaudfontaine, la nappe alluviale de la Vesdre est aussi sollicitée par plusieurs ouvrages à usage industriel.

- A La Rochette, la société Prometa, active dans le traitement de l'aluminium, prélève l'eau des alluvions grâce à cinq puits de large diamètre. Le volume annuel extrait au droit de chaque puits varie d'une année à l'autre entre 15 000 et 45 000 m<sup>3</sup>. Il est en moyenne situé aux alentours de 25 000 m<sup>3</sup>/an.
- La société Lacollonge Belgium s.a., qui fabrique des revêtements techniques anticorrosion et abrasion, prélève en moyenne 10 000 m<sup>3</sup> par an via un puits unique dans la localité de Trooz.

Toujours dans la nappe alluviale de la Vesdre, cinq puits ont jadis été exploités à Chênée par la société Mio, avec un volume annuel total prélevé de 15 000 à 20 000 m<sup>3</sup>/an. Ces puits ne sont plus exploités depuis 2011 et la fermeture de l'usine de crème glacée.

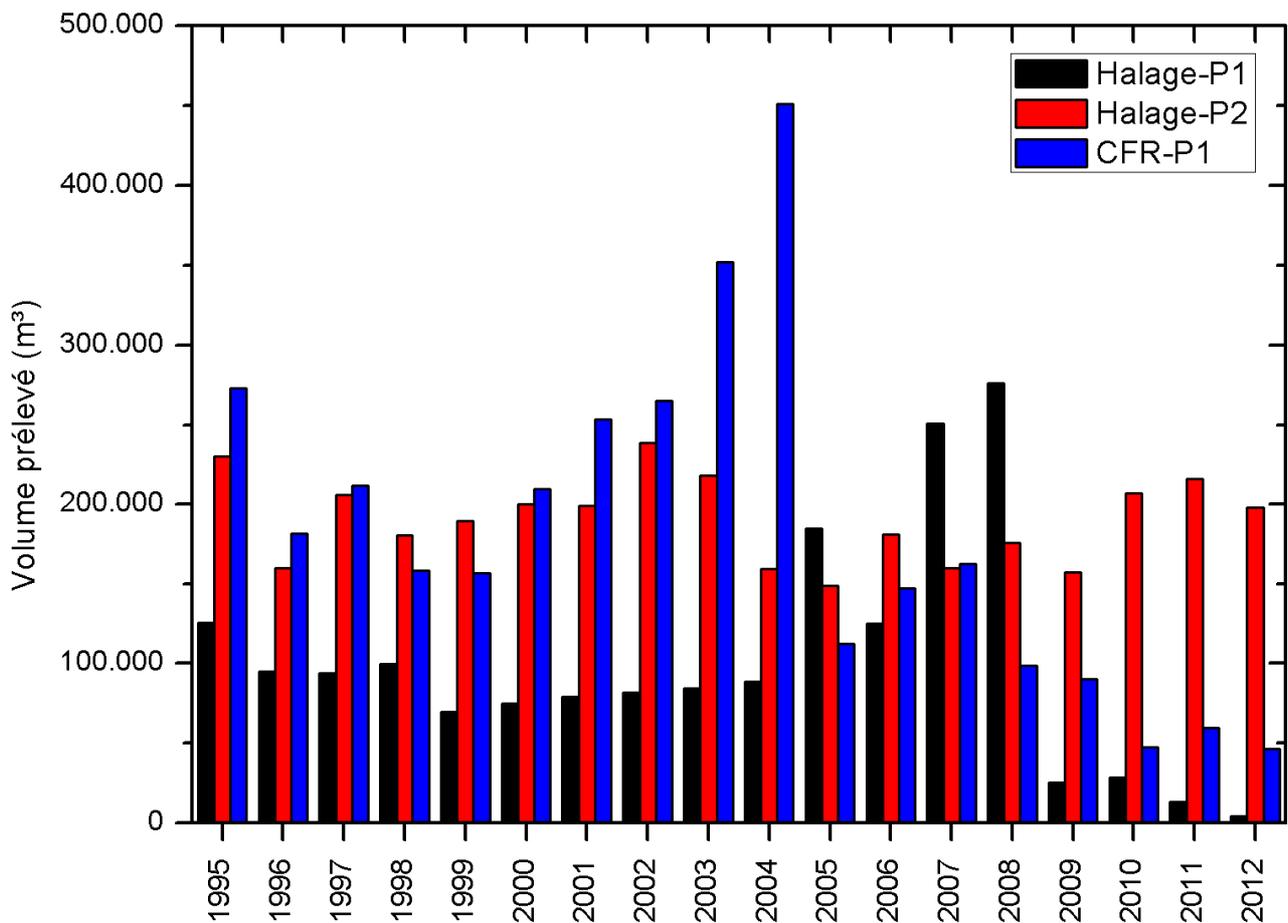
La **nappe alluviale de l'Ourthe** est assez peu exploitée sur la carte de Seraing-Chênée. La seule prise d'eau d'importance notable est localisée à Angleur, où l'usine Zinacor prélève annuellement entre 50 000 et 125 000 m<sup>3</sup> via deux puits. La répartition du volume total extrait entre les deux puits varie fortement d'une année à l'autre (Figure VI.4). Trois puits également situés à Angleur, exploités par le complexe commercial de Belle-Ile, prélèvent un volume global de 6 000 à 7 000 m<sup>3</sup>/an (6159 m<sup>3</sup> en 2012).



**Figure VI.4 : Volumes prélevés dans l'aquifère alluvial de l'Ourthe à Anleur – Seraing-Chênée**

Dans la **nappe alluviale de la Meuse**, l'eau des alluvions est exploitée à plusieurs endroits pour un usage industriel. La plupart des ouvrages sont situés en amont de Liège, dans la région serésienne.

- Dans la zone de Flémalle, à l'ouest de la carte Seraing-Chênée, la société Gravibéton possède deux puits, dont elle a prélevé une moyenne de 20 000 m<sup>3</sup>/an entre 2005 et 2012. Ce volume est capté à partir d'un seul des deux puits (Gravibéton-P1) et a subi une augmentation ces dernières années (environ 40 000 m<sup>3</sup> prélevé annuellement entre 2010 et 2012). En aval du barrage d'Ivoz-Ramet, Arcelor Mittal, qui utilisait jadis de nombreux puits (sous l'identité Cockerill Sambre à l'époque), compte deux ouvrages encore en service en 2015. Les puits Halage-P1 et Halage-P2, dont l'eau est utilisée dans le circuit de refroidissement de l'usine, ont produit en moyenne 260 000 m<sup>3</sup>/an entre 2005 et 2014. Le puits Halage-P2 a été récemment plus sollicité que le puits Halage-P1, le volume prélevé par ce dernier ayant fortement baissé depuis 2008 (Figure VI.5).

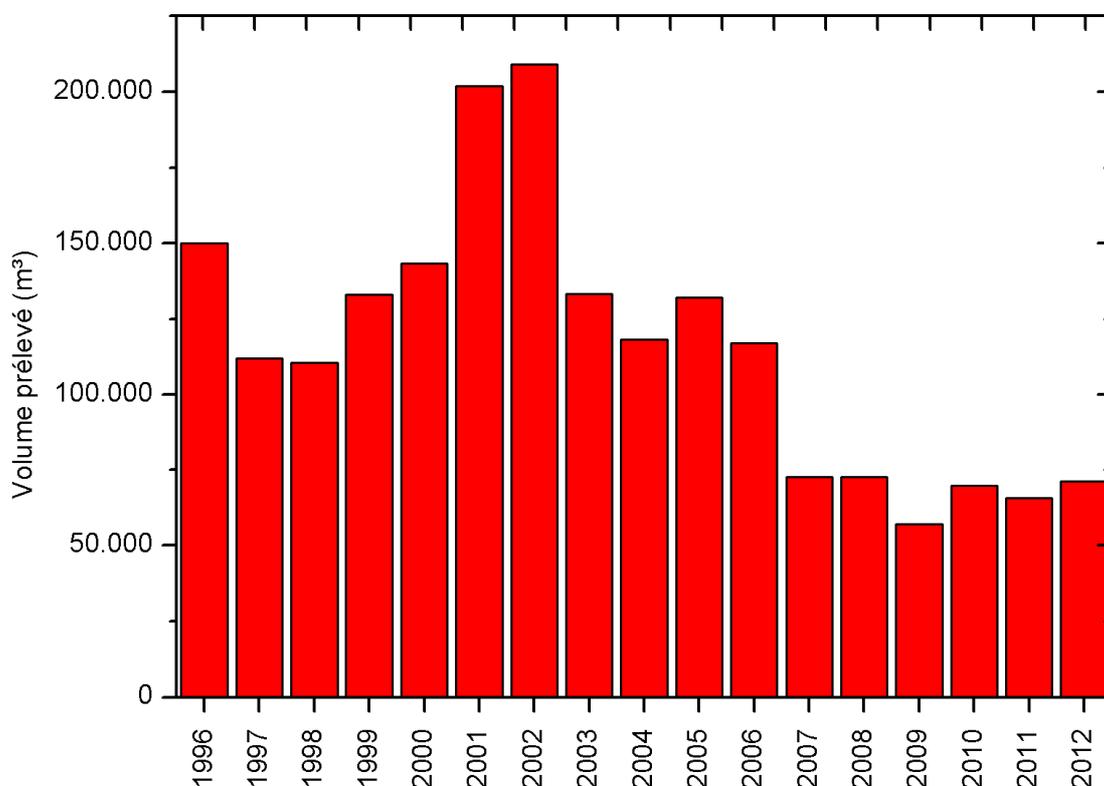


**Figure VI.5 : Volumes majeurs prélevés dans l'aquifère alluvial de la Meuse à Flémalle et Seraing – Seraing-Chênée**

- A hauteur de Seraing, en rive gauche de la Meuse, la conserverie Viaka exploite un puits, dont l'eau sert au refroidissement et au nettoyage des boîtes. Le volume pompé est d'environ 4 000 m<sup>3</sup>/an. En rive droite, l'entreprise Arcelor Mittal Ringmill (autrefois Cockerill Forges & Mill) détient deux puits, dont un seul est toujours en activité (CFR-P1). Le volume pompé par ce dernier puits a diminué ces dernières années (Figure VI.5), avec une valeur moyenne de 95 000 m<sup>3</sup>/an environ entre 2005 et 2012. A proximité du site d'Arcelor Mittal Ringmill, la filiale belge du groupe sidérurgique Åkers possède deux puits (anciennement exploités par Forcast Belgium), dont un était encore en activité en 2012 (Akers-P1). Le volume prélevé était cependant peu élevé, autour de 1 000 m<sup>3</sup>/an.
- A Ougrée, en rive gauche, l'entreprise La Nitruration Moderne prélève un faible volume, d'un peu moins de 1 000 m<sup>3</sup>/an, depuis un seul ouvrage. La société Marichal Ketin détient encore sept puits, qui ne sont toutefois plus utilisés depuis l'année 2000. Les volumes prélevés étaient de l'ordre de 10 000 à 15 000 m<sup>3</sup>/an. Plus en aval, la société Sioen Nordifa pompe environ 5 000 m<sup>3</sup>/an (période 2008-2011) dans la nappe alluviale. Ce débit d'exploitation a fortement baissé ces dernières années : il atteignait encore plus de 50 000 m<sup>3</sup>/an à la fin des années 1990.
- A l'intérieur de la ville de Liège, seuls deux captages en activité sont recensés (déclarés au SPW) dans la nappe alluviale : un puits localisé rue Grétry utilisé par le salon lavoir Léonard, qui prélève environ 1 000 m<sup>3</sup>/an, et un puits situé dans le parc du Jardin Botanique, exploité par la ville de Liège à hauteur d'environ 2 500 m<sup>3</sup>/an.

Les unités hydrogéologiques **du Dévonien moyen et inférieur** sont peu exploitées sur la carte Seraing-Chênée. Seule une dizaine de captages y sont répertoriés, avec des volumes prélevés assez faibles variant de quelques dizaines à un peu moins de 10 000 m<sup>3</sup>/an.

L'eau contenue dans le **bed-rock houiller** n'est pas beaucoup plus utilisée que l'eau du socle Dévonien dans la région cartographiée. La seule prise d'eau d'importance est la galerie du Canal de Fond Piquette à Vaux-sous-Chèvremont, qui est exploitée à raison d'environ 70 000 m<sup>3</sup>/an par la société Magotteaux. Le volume capté a diminué nettement durant la décennie 2000 (Figure VI.6). Sur les hauteurs de Vaux-Sous-Chèvremont, quelques sources sont exploitées par des particuliers. Les volumes prélevés sont inférieurs à 100 m<sup>3</sup>/an. Une partie de l'eau de ces sources doit très certainement provenir du colluvium (dépôts de pente) et non des terrains houillers.



**Figure VI.6 : Volumes prélevés dans la galerie du Canal de Fond Piquette à Vaux-Sous-Chèvremont par l'entreprise Magotteaux – Bed-rock houiller – Seraing-Chênée**

En plus de ces prises d'eau, moins d'une dizaine de puits privés sont également recensés dans les formations schisto-gréseuses du Houiller. Ils prélèvent de faibles volumes compris entre 1 et 3 000 m<sup>3</sup>/an.

Hormis dans les formations rocheuses du Paléozoïque, une dizaine de puits privés sont aussi répertoriés dans les aquifères alluviaux de la Meuse, de l'Ourthe et de la Vesdre, même si tous ne sollicitent plus les nappes souterraines. Les volumes pompés sont peu importants (de 1 jusqu'à 2 500 m<sup>3</sup>/an). Les prélèvements effectués aux puits privés peuvent être destinés à un usage domestique (sanitaires, jardin...), à des fins agricoles (alimentation du bétail, irrigation...) ou encore à quelques activités de service.

### Volumes démergés

Suite à l'exploitation des veines de charbon dans le sous-sol liégeois, les terrains en surface ont subi des tassements pouvant atteindre localement, notamment dans le fond de la vallée de la Meuse, plusieurs mètres. D'autre part, l'arrêt de l'exhaure minière a pour conséquence que la nappe du substratum houiller a désormais tendance à alimenter la nappe alluviale affaissée. Afin d'éviter l'inondation de la plaine alluviale en période de hautes eaux du fleuve, de nombreuses stations de démergement ont donc été construites au niveau de l'agglomération liégeoise au cours du siècle dernier. La carte Seraing-Chênée compte 27 de ces stations en activité. Elles prélèvent, en partie, de l'eau de la nappe alluviale mais évacuent également vers la Meuse les eaux de ruissellement et des égouts ainsi que les eaux d'infiltration pompées dans les caves de particuliers (démergement proprement dit).

A titre indicatif, le volume global pompé annuellement par les 27 stations de l'A.I.D.E. varie, en moyenne, autour de 11 400 000 m<sup>3</sup>/an. D'une manière générale, les débits de pompage varient fortement en fonction des secteurs et/ou des périodes de l'année. Les valeurs présentées dans la carte hydrogéologique doivent toutefois être considérées avec précaution. En effet, le réseau de pompage de l'A.I.D.E. possède certaines particularités qui peuvent rendre les données mesurées aux stations difficiles à décrypter. Par exemple, l'eau pompée par une station de démergement peut, en fonction de l'activité du réseau, être rejetée vers une autre station et être ainsi pompée à plusieurs reprises avant de rejoindre la Meuse.

## VII. PARAMETRES D'ÉCOULEMENT ET DE TRANSPORT

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Lithologie		K (m/s)
Granites et Gneiss	avec fissures	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-4}$
	sans fissure	$1 \times 10^{-14} - 1 \times 10^{-10}$
Basaltes	avec fissures	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-3}$
	sans fissure	$1 \times 10^{-12} - 1 \times 10^{-9}$
Quartzites	avec fissures	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-4}$
	sans fissure	$1 \times 10^{-12} - 1 \times 10^{-9}$
Shales (argilites)		$1 \times 10^{-13} - 1 \times 10^{-9}$
Schistes (argilites schistosées)		$1 \times 10^{-9} - 1 \times 10^{-5}$
Calcaires	karstifiés	$1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-1}$
	avec fissures	$1 \times 10^{-9} - 1 \times 10^{-3}$
	sans fissure	$1 \times 10^{-12} - 1 \times 10^{-9}$
Grès	avec fissures	$1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-3}$
	sans fissure	$1 \times 10^{-9} - 1 \times 10^{-5}$
Craies		$1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-3}$
Tufs volcaniques		$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-3}$
Graviers		$1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-1}$
Sables		$1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-2}$
Silt, limons		$1 \times 10^{-9} - 1 \times 10^{-4}$
Argiles et limons		$1 \times 10^{-13} - 1 \times 10^{-7}$

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

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

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

\*dépendante de la fissuration

Toutes les unités hydrogéologiques présentes sur la carte Seraing-Chênée n'ont pas fait l'objet d'études permettant de définir les paramètres hydrodynamiques des aquifères. De telles études approfondies sont généralement menées sur des sites de captages importants, sur des sites pollués (ou avec suspicion de pollution des eaux souterraines) ou encore lors de recherches de ressources en eaux. Les quelques sites où des essais ont été menés sur la carte Seraing-Chênée sont soit les sites de captage de Coca-Cola Enterprise à Chaudfontaine soit des sites pollués liés à l'activité industrielle (Figure VII.1). Certaines données reprises ci-dessous sont également tirées des cartes géotechniques de Liège et d'études réalisées dans la zone entourant le campus du Sart-Tilman par le laboratoire d'hydrogéologie de l'Université de Liège.

Il est important de noter que les valeurs des paramètres d'écoulement et de transport calculés sont spécifiques à chaque site étudié et ne peuvent être extrapolées à l'ensemble de l'aquifère.

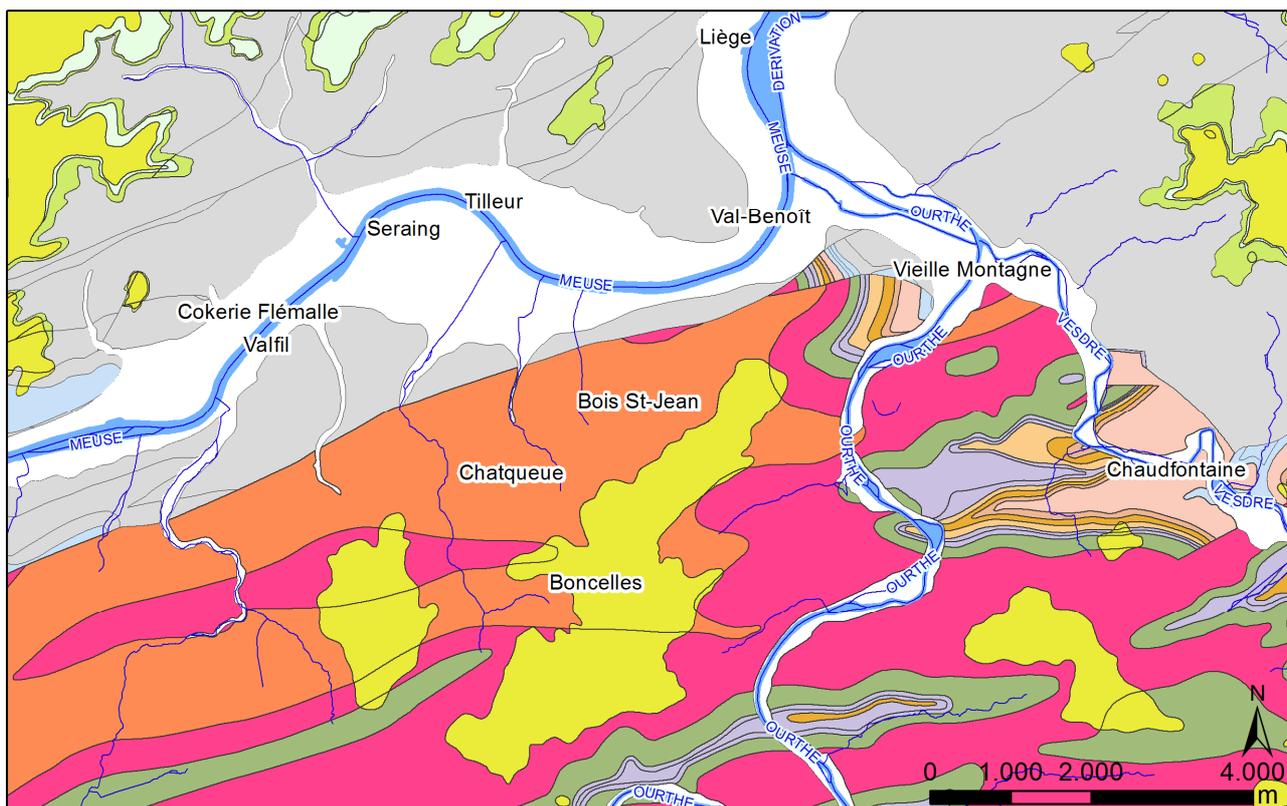


Figure VII.1 : Localisation des sites avec des tests de pompages et/ou traçages sur la carte Seraing-Chênée

#### Aquifère thermal des calcaires frasniens

Sur le site de captage de Chaudfontaine, des essais de pompage ont été réalisés à la fin des années 1970 au niveau des puits Marguerite (rebouché depuis), Graulich et P6 (Tableau VII.4). Des valeurs de transmissivité ont été calculées par la méthode de Theis appliquée sur les courbes de remontée faisant suite à un pompage à débit constant. L'aquifère des calcaires frasniens étant de type karstique, ces valeurs sont fortement dépendantes des réseaux de fractures et conduits du réservoir. Elles n'ont qu'une valeur locale, limitée au puits testé (Graulich, 1983).

Tableau VII.4 : Essais de pompage à Chaudfontaine (Graulich, 1983)

Puits	Date	Q (m <sup>3</sup> /h)	Rabatement (m)	Transmissivité (m <sup>2</sup> /s)
Marguerite	Jan-1974	28,8	17,6	2,9×10 <sup>-4</sup>
	Déc-1976	9,2	7,5	2,4×10 <sup>-4</sup>
	Jan-1977	21	15,5	2,4×10 <sup>-4</sup>
Graulich	Nov-1978	10,2	46,5	1,2×10 <sup>-5</sup>
	Jan-1980	12,2	43	1,54×10 <sup>-5</sup>
P6	Jan-1980	5,4	67	5,9×10 <sup>-6</sup>

épaisseurs saturées non communiquées

#### Aquifère alluvial de la Meuse

Les résultats de plusieurs essais de pompages réalisés dans la nappe alluviale de la Meuse sont répertoriés dans les notices des cartes géotechniques de la région liégeoise. La liste des cartes

couvrant la région de Seraing-Chênée est reprise dans la bibliographie<sup>15</sup>. Les principaux résultats sont repris ci-dessous :

- Dans la zone comprise entre le Val-Benoît et le centre-ville de Liège, la conductivité hydraulique moyenne de la nappe alluviale de la Meuse est de l'ordre de  $10^{-3}$  m/s, avec des extrêmes pouvant atteindre  $1 \times 10^{-4}$  à  $1 \times 10^{-2}$  m/s. Le secteur de la Boverie, entre la Meuse et la Dérivation, montre des valeurs particulièrement élevées allant de 1,3 à  $1,6 \times 10^{-2}$  m/s. Non loin de là, dans le quartier des Guillemins, des essais de pompage effectués lors du chantier de la tour des finances ont donné des valeurs de conductivité hydraulique comprises entre  $10^{-4}$  et  $10^{-3}$  m/s (Geolys, 2010). Le contraste des valeurs obtenues sur ces deux sites illustre la forte hétérogénéité de l'aquifère alluvial de la Meuse, typique d'un système sédimentaire alluvial.
- Au niveau du Val Benoît, des essais de pompage ont été réalisés sur un puits avec des débits allant de 20 à 100 m<sup>3</sup>/h. Le niveau d'eau dans plusieurs piézomètres du site a été suivi. Ces essais ont permis de déterminer une conductivité hydraulique moyenne de 2 à  $3 \times 10^{-3}$  m/s (transmissivité de 2 à  $3 \times 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s). Une zone plus perméable avec des transmissivités atteignant 4 à  $11,2 \times 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s a également été mise en évidence au niveau des rues du Val Benoît et Côte d'Or. Le coefficient d'emmagasinement a été estimé à 10 % au droit du puits, où la nappe était libre au moment du test, et à 0,1 % à plus grande distance du puits, où la nappe était alors captive sous les limons fluviaux.
- A Tilleur, au niveau du site Ferblatil d'Arcelor-Mittal, cinq puits situés le long de la Meuse ont fait l'objet d'essais de pompage, avec des sollicitations de 26,4 à 168 m<sup>3</sup>/h. Les valeurs de conductivité calculées sont comprises entre  $2 \times 10^{-3}$  et  $1,3 \times 10^{-2}$  m/s et les transmissivités varient de  $4,5 \times 10^{-3}$  à  $1,6 \times 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s.
- A proximité du château Cockerill (aujourd'hui CMI) à Seraing, sept puits ont été testés avec des débits de pompage variant entre 6,7 et 90 m<sup>3</sup>/h. Les valeurs de conductivité hydraulique estimées s'étalent de  $2,4 \times 10^{-4}$  à  $7,1 \times 10^{-3}$  m/s, avec une moyenne de  $2,5 \times 10^{-3}$  m/s. Une zone de plus forte perméabilité (supérieure à  $1 \times 10^{-3}$  m/s) a été identifiée entre la Meuse et les jardins du château. La conductivité diminue au sud des jardins, à  $10^{-4}$  m/s.
- Dans le secteur de l'usine électrique TGV de Seraing (ancien site Valfil), des essais effectués sur deux puits, avec des débits de pompage de 46 à 60 m<sup>3</sup>/h, ont permis d'estimer la conductivité hydraulique entre  $8 \times 10^{-4}$  et  $4,5 \times 10^{-3}$  m/s.

En résumé, les valeurs de conductivité hydraulique issues de la carte géotechnique sont le plus souvent comprises entre  $10^{-3}$  et  $10^{-2}$  m/s. Elles peuvent baisser jusqu'à  $10^{-4}$  m/s lorsque les alluvions présentent une charge argileuse plus importante et monter jusqu'à plus de  $10^{-2}$  m/s lorsque les alluvions sont essentiellement des graviers lessivés (donc relativement 'propres').

Le site de la cokerie de Flémalle (site Walsols : Lg3102-001), également situé dans la nappe alluviale de la Meuse, a fait l'objet d'une caractérisation poussée ; le transport souterrain des contaminants présents sur place a notamment été étudié (Battle-Aguilar, 2008 ; Battle-Aguilar et

<sup>15</sup> Les cartes géotechniques utilisées dans cette notice sont référencées 42.5.4 (Bonnechère et al., 1984), 42.5.2 (Bonnechère et al., 1987), Engis-Flémalle (Bonnechère et al., 2006), prototype du Sart-Tilman (Calembert et al., 1975), 42.6.1 (Calembert et al., 1977) et 42.6.3 (Calembert et al., 1978).

al., 2009). Plusieurs essais de pompages, de traçages et des slugs tests y ont été réalisés. Un résumé des résultats obtenus est présenté ci-dessous. Les ouvrages utilisés et cités ci-dessous n'existent plus à l'heure actuelle. Ils ont été détruits lors des travaux de réhabilitation, qui sont encore en cours sur le site. L'implantation de nouveaux piézomètres de surveillance par la SPAQuE est prévue sur le site à la fin de ces travaux<sup>16</sup>.

Des essais de pompages avec remontée ont été pratiqués sur six puits d'un diamètre de 6", situés à proximité de la Meuse (Figure VII.2). Les rabattements induits ont été suivis sur plusieurs piézomètres (entre 6 et 10 piézomètres par essai) localisés à différentes distances et profondeurs du puits de pompage. Des essais par paliers ont été réalisés sur quatre des six puits tandis que des essais à débit constant ont été mis en place aux deux puits restants (Tableau VII.5).

**Tableau VII.5 : Récapitulatif des essais de pompage réalisés sur le site contaminé de la cokerie de Flémalle (Batlle-Aguilar, 2008)**

Puits sollicités	Puits d'observation	Type d'essai	Durée de l'essai	Débit(s) pompé(s)
P1	P2, A4p, A5, B4p, B5p, B6p	Paliers (5)	3 h	de 3,4 à 21 m <sup>3</sup> /h
P2	A2p, A3, A4p, P1, P3, P4, U10	Paliers (2)	2,5 h	2,9 et 6,1 m <sup>3</sup> /h
P3	A2p, A3, U5, U8, U9, P1, P2, P4, P5, P10	Paliers (3)	2,5 h	de 14,5 à 21,7 m <sup>3</sup> /h
P4	1, 2, 6, U11, U14, P2, P3, P5, U10, U15	Constant	3 h	30,9 m <sup>3</sup> /h
P5	1, 2, 6, P3, P4, P5, U5, U14, U15	Constant	23,5 h	5,5 m <sup>3</sup> /h
P6	U16, U17, U19, 8, P5, U15	Paliers (3)	3,4 h	10,5 à 21,5 m <sup>3</sup> /h

- Les résultats des essais à débit constant ont été interprétés via la méthode de Theis-Jacob tandis que les essais par paliers ont été analysés par les méthodes de Dupuit et de Birsoy – Summer. Les interprétations se sont basées uniquement sur les rabattements induits au niveau des piézomètres d'observation, afin d'éviter les problèmes liés aux pertes de charge aux puits de pompage. Les valeurs de conductivité hydraulique estimées s'étalent de  $10^{-5}$  à  $10^{-3}$  m/s. Ces valeurs sont plus faibles qu'attendu pour un aquifère alluvial mais pas irréaliste pour les alluvions de la Meuse. La grande variabilité des valeurs estimées démontre par ailleurs la forte hétérogénéité de la nappe alluviale dans la zone étudiée (Batlle-Aguilar, 2008).
- Cinq slugs tests, effectués aux puits U2, U3, U4, U5 et U12, ont été interprétés via la méthode de Bouwer et Rice. Les valeurs de conductivité hydraulique estimées varient de  $8,38 \times 10^{-6}$  à  $5,6 \times 10^{-4}$  m/s, confirmant que la nappe alluviale peut être localement assez peu perméable. Les résultats issus de slugs test n'ont cependant qu'une représentativité très locale, limitée à une zone réduite autour des puits testés (Batlle-Aguilar, 2008).
- Deux campagnes d'essais de traçages ont aussi été menées sur le site de Flémalle. La première a été menée en écoulement radial convergent, avec pompage au puits P5 et injections aux puits U5, 1, 2, 6, 7 et U15. Plusieurs traceurs salins et fluorescents ont été utilisés (Tableau VII.6). Ils montrent que le puits P5 draine préférentiellement les eaux de la Meuse plutôt que celles de l'aquifère et illustrent l'importance des échanges nappe-rivière entre la Meuse et sa nappe alluviale (Batlle-Aguilar, 2008).

<sup>16</sup> Plus d'informations sont disponibles en ligne sur le site de la SPAQuE (<http://www.spaque.be/0133/fr/35/Cokerie-Flémalle>) ainsi que dans la base de données Walsols (voir par exemple : <http://www.walsols.be/pdfs/11830/3099.pdf>)

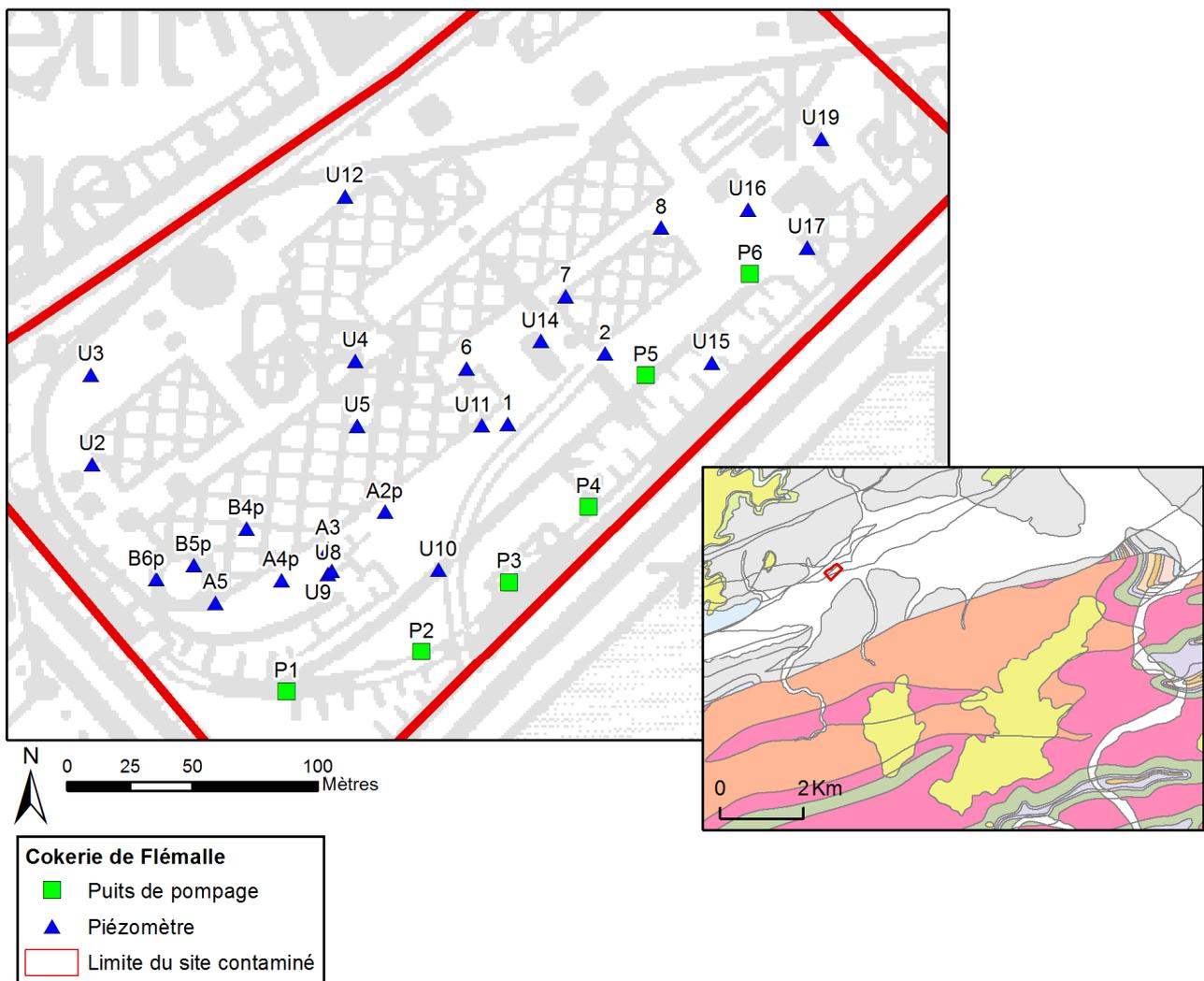


Figure VII.2 : Site contaminé de la cokerie de Flémalle : localisation des ouvrages utilisés lors de la caractérisation du sous-sol.

Tableau VII.6 : Caractéristiques des injections et des restitutions des tests de tra ge sur le site de la cokerie de Flémalle (Batlle-Aguilar, 2008)

Puits d'injection	Traceur	Quantité (kg)	Distance minimale 'injection restitution' (m)	Débit de pompage (m <sup>3</sup> /h)	Taux de restitution (%)	Durée du monitoring (jours)	Première arriv�e		Arriv�e modale	
							Durée (h)	Vitesse (m/h)	Durée (h)	Vitesse (m/h)
1	Lithium	1,39	58	4,2 à 3	non-restitution	90	-	-	-	-
2	Nitrates	12,16	18	4,2 à 3	non-restitution	90	-	-	-	-
	Sulforhodamine B	0,10			non-restitution	90	-	-	-	-
6	Iodide	3,82	72	4,2 � 3	non-restitution	90	-	-	-	-
7	Naphtionate	1	45	4,2 � 3	non-restitution	90	-	-	-	-
U5	Uranine	0,20	118	4,2 � 3	non-restitution	90	-	-	-	-
U15	Eosine	1	27	5,2 � 2,15	78,28	35	11,8	2,29	44,8	0,60
	Naphtionate	0,01		2,15	44,09	22	39,8	0,68	148,3	0,18
	Sulforhodamine B	0,01		2,15	0,80	34,5	43,8	0,62	-	-
	Uranine	0,01		2,15	16,69	32,5	43,8	0,62	219,3	0,12
	Lithium	0,60		2,15	31,77	25,7	48,6	0,55	144,6	0,19
	Iodure	0,76		2,15	61,57	25,7	35,6	0,76	108,6	0,25

La deuxième campagne de traçage déployée sur le site de Flémalle a utilisé l'approche Finite Volume Point Dilution Method (FVPDM) sur quatre puits d'injection (P1, P3, P4 et U15). La méthode FVPDM (Brouyère et al., 2008) permet l'estimation directe du flux de Darcy au niveau d'un puits d'injection. Les valeurs obtenues varient de  $3,0 \times 10^{-6}$  (P1) à  $3,1 \times 10^{-4}$  m/s (U15) et montrent des changements continus dans le temps dus aux fréquentes variations piézométriques liées à la différence entre les niveaux de la Meuse et de son aquifère alluvial.

Les courbes de restitutions observées lors de la première phase d'essais, en écoulement radial-convergent, ont été utilisées pour la calibration d'un modèle analytique simplifié et d'un modèle numérique plus complexe. L'analyse basée sur le modèle analytique a été réalisée grâce au logiciel CATTI, en prenant en compte seulement les mécanismes d'advection et de dispersion. Le modèle numérique d'écoulement et de transport a lui été réalisé avec les codes de calculs MODFLOW (Harbaugh, 2005) et MT3DMS (Zheng et Wang, 1999), en tenant compte des phénomènes de retard physique et de dégradation chimique. Les paramètres de transport hydrodispersifs obtenus lors de la calibration du modèle numérique sont synthétisés dans le tableau VII.7. Plus de précisions sur l'ensemble des paramètres décrivant les phénomènes de retard et dégradation mais aussi la description détaillée de tous les essais et modèles réalisés sur le site de Flémalle peuvent être trouvée dans Battle-Aguilar (2008) et Battle-Aguilar et al. (2009).

**Tableau VII.7 : Paramètres de transport obtenus par modélisation numérique des courbes de restitutions des essais de traçage effectués sur le site de la cokerie de Flémalle (Battle-Aguilar, 2008).**

Traceur	Porosité effective de transport $\theta_m$ (-)	Dispersivité longitudinale $\alpha_L$ (m)
Eosine	0,06	3
Naphionate	0,047	2,2
Sulforhodamine B	0,03	3
Uranine	0,05	2
Lithium	0,068	4,5
Iodure	0,041	1,4

### Aquifère alluvial de l'Ourthe

Des essais de pompage réalisés au niveau de puits forés dans les alluvions de l'Ourthe, à hauteur du site de la Vieille Montagne, ont permis de calculer des conductivités hydrauliques de l'ordre de  $1 \times 10^{-3}$  à  $1 \times 10^{-2}$  m/s, valeurs caractéristiques de graviers plus ou moins sableux.

### Aquiclude du Houiller

Les seuls paramètres disponibles pour caractériser l'aquiclude du Houiller sont issus des essais réalisés lors du chantier de la tour des finances (Geolys, 2010). Un essai de pompage courte durée par paliers enchainés avec remontée (Tableau VII.8) a donné des valeurs de conductivité hydraulique de l'ordre de  $10^{-7}$  (remontée) à  $10^{-6}$  (rabattement) m/s. Les résultats obtenus ont également démontré le caractère captif à semi-captif de la nappe ainsi qu'une mauvaise réalimentation ( $K_{\text{remontée}} < K_{\text{rabattement}}$ ).

**Tableau VII.8 : Paramètres de l'essai de pompage réalisé sur le chantier de la tour des finances à Liège (Geolys, 2010)**

Palier	Débit moyen (m <sup>3</sup> /h)	Temps de pompage (s)	Rabattement en fin de palier (m)
1	4,01	3600	10,68
2	6,38	7200	16,98
3	9,59	7200	28,35
4	12,12	1440	62,59 (puits dénoyé)

#### Unités hydrogéologiques schisto-gréseuses du Dévonien moyen et inférieur

Divers tests ont été menés dans les ouvrages souterrains (galerie de captage, puits) du promontoire Meuse-Ourthe. La valeur moyenne de K est de  $5 \times 10^{-6}$  m/s, avec des valeurs de  $10^{-7}$  m/s dans les zones peu fissurées à  $10^{-5}$  m/s dans les zones très fissurées. Ces valeurs de conductivité hydraulique sont calculées en supposant un milieu continu homogène et isotrope, ce qui n'est pas d'application dans le cas d'une nappe de fissures. En effet, ces fissures sont des axes d'écoulement préférentiel, présentant des conductivités hydrauliques plus élevées. Ceci a été mis en évidence par des essais Lugeon. Sur 80 essais, on a obtenu une valeur moyenne de 200 unités Lugeon (uL), soit approximativement  $4 \times 10^{-5}$  m/s, avec des valeurs extrêmes de 1000 uL, soit approximativement  $2 \times 10^{-4}$  m/s. (Calembert & Monjoie, 1973).

Lors des études de réhabilitation du terril du Bois St-Jean, des essais de pompages ont été effectués dans les piézomètres. Les conductivités hydrauliques du bed-rock calculées sont de l'ordre de  $10^{-7}$  m/s sauf en présence de zones plus fracturées et plus gréseuses où elles atteignent  $10^{-5}$  m/s (SGS, 2002).

Sur le site de la Chatqueue, la nappe du bed-rock est caractérisée par des faibles transmissivités, comprises entre  $10^{-5}$  et  $10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s. Localement, des valeurs plus élevées sont observées de l'ordre de  $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s (LGIH, 1991b,d). D'autres essais de pompage ont donné des valeurs similaires, à savoir des transmissivités comprises entre  $1 \times 10^{-6}$  et  $6,9 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s et des conductivités hydrauliques comprises entre  $5 \times 10^{-7}$  et  $3,8 \times 10^{-6}$  m/s (épaisseur saturé non précisée) (LGIH, 1996b).

#### Aquifère des sables de l'Oligocène

Le lambeau des sables oligocènes du plateau Bonnelles – Sart-Tilman a été étudié en détails par Monjoie (1970). Les différents essais menés ont permis d'estimer les paramètres suivants :

- Porosité totale : elle varie entre 33 et 60 %, la valeur moyenne étant de 47 % (25 échantillons) ;
- Conductivité hydraulique : elle varie entre  $7 \times 10^{-5}$  et  $1 \times 10^{-7}$  m/s, la valeur moyenne étant de  $8 \times 10^{-6}$  m/s (70 échantillons).

### Aquifère des Craies de Hesbaye

Au droit de la carte de Seraing-Chênée, nous ne disposons pas de données sur les paramètres hydrodynamiques de la nappe des craies de Hesbaye. Néanmoins, cette nappe a été étudiée en détails (LGIH, 1996a ; Hallet, 1998).

Les conductivités hydrauliques varient entre  $10^{-4}$  et  $10^{-2}$  m/s pour les axes de fissuration et les zones altérées et entre  $10^{-6}$  et  $10^{-4}$  m/s pour la matrice crayeuse. La porosité efficace varie entre 0,5 et 7 %. La très forte variabilité des valeurs des paramètres démontre clairement une très grande hétérogénéité du milieu crayeux.

Les craies de Hesbaye ne constituant pas le principal aquifère de la carte étudiée, pour plus de détails sur les paramètres d'écoulement et de transport, nous invitons le lecteur à se référer aux notices explicatives des cartes hydrogéologiques 41/3-4 (Hallet et al., 2012), 41/7-8 (Ruthy et Dassargues, 2010) et 42/1-2 (Ruthy et Dassargues, 2006).

## VIII. ZONES DE PROTECTION

### VIII.1. CADRE LEGAL

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

Afin de limiter les risques de contamination des captages, des périmètres de prévention doivent être mis en place. La législation wallonne<sup>17</sup> définit quatre niveaux de protection à mesure que l'on s'éloigne du captage : zones de prise d'eau (Zone I), de prévention (Zones IIa et IIb) et de surveillance (Zone III).

#### 1° Zone de prise d'eau ou zone I

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

#### 2° Zones de prévention rapprochée et éloignée ou zones IIa et IIb

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

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

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

- La zone de prévention rapprochée (zone IIa) : zone comprise entre le périmètre de la zone I et une ligne située à une distance de l'ouvrage de prise d'eau correspondant à un temps de transfert de l'eau souterraine jusqu'à l'ouvrage égal à 24 heures dans le sol saturé.
- A défaut de données suffisantes permettant de définir la zone IIa selon le critère des temps de transfert, la législation suggère de délimiter la zone IIa par une ligne située à une distance horizontale minimale de 35 mètres à partir des installations de surface, dans le cas d'un puits, et par deux lignes situées à 25 mètres au minimum de part et d'autre de la projection de surface de l'axe longitudinal dans le cas d'une galerie. En milieu karstique, tous les points

---

<sup>17</sup>Arrêté de l'Exécutif régional wallon du 14 novembre 1991 relatif aux prises d'eau souterraines, aux zones de prise d'eau, de prévention et de surveillance et à la recharge artificielle des nappes d'eau souterraine, abrogé par l'arrêté du GW du 3 mars 2005 relatif au livre II du code de l'Environnement, contenant le Code de l'eau (M.B. du 12/04/2005, p.15068)

préférentiels de pénétration (dolines et pertes) dont la liaison avec le captage est établie sont classés en zone IIa.

- La zone de prévention éloignée (zone IIb) : zone comprise entre le périmètre extérieur de la zone IIa et le périmètre extérieur de la zone d'appel de la prise d'eau. Le périmètre extérieur de la zone d'appel de la zone IIb ne peut être situé à une distance de l'ouvrage supérieure à celle correspondant à un temps de transfert de l'eau souterraine jusqu'à l'ouvrage de prise d'eau égal à 50 jours dans le sol saturé.
- A défaut de données suffisantes permettant la délimitation de la zone IIb suivant les principes définis ci-avant, le périmètre de cette zone est distant du périmètre extérieur de la zone IIa de :
  - 100 mètres pour les formations aquifères sableuses ;
  - 500 mètres pour les formations aquifères graveleuses ;
  - 1000 mètres pour les formations aquifères fissurés ou karstiques.

### 3° Zone de surveillance ou zone III

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

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

### Mesure de prévention

Diverses mesures de protection ont été définies par les autorités compétentes pour les différentes zones. Ces mesures concernent notamment l'utilisation et le stockage de produits dangereux, d'engrais ou de pesticides, les puits perdus, les nouveaux cimetières, les parkings,... Elles visent à réduire au maximum les risques de contamination de la nappe. Toutes ces mesures sont décrites aux articles R.162 à R.170 de l'Arrêté du Gouvernement Wallon du 12 février 2009<sup>18</sup>.

La Société publique de Gestion de l'Eau<sup>19</sup> assure la gestion financière des dossiers concernant la protection des eaux probabilisables distribuées par réseaux, par le biais de contrats de service passés avec les producteurs d'eau. Pour financer les recherches relatives à la délimitation des zones de prévention et indemniser tout particulier ou toute société dont les biens doivent être mis en conformité avec la législation, une redevance est prélevée sur chaque m<sup>3</sup> fourni par les sociétés de distribution d'eau.

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

---

<sup>18</sup>12 février 2009 : AGW modifiant le livre II du Code de l'Environnement constituant les Codes de l'eau et ce qui concerne les prises d'eau souterraine, les zones de prises d'eau, de prévention et de surveillance (M.B. du 27/04/2009, p.33035)

<sup>19</sup>SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999

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

## VIII.2. ZONE DE SURVEILLANCE DES EAUX GEOTHERMALES DE CHAUDFONTAINE

Etant donné que l'aquifère sollicité par les captages de Chaudfontaine est un aquifère captif, la société Coca-Cola Enterprise ne s'est pas vu imposer la délimitation d'une zone de prévention autour de ses puits. Seule une zone de surveillance a été définie (Figure VIII.1). Elle correspond à la zone d'affleurement des calcaires frasniens dans la région de Chaudfontaine, qui constitue une aire d'infiltration préférentielle de la nappe thermo-minérale.

Cependant, les mesures de protection prévues en zone de surveillance par l'AGW 14/11/1991 n'ayant pas été jugées suffisantes pour garantir la pérennité de la ressource des eaux de Chaudfontaine, des mesures supplémentaires ont été spécifiées dans l'arrêté ministériel qui définit cette zone de surveillance spécifique<sup>20</sup>. Ces mesures se rapprochent de celles prévues pour la zone de prévention éloignée IIb et déterminent une série de contraintes à l'aménagement du territoire, notamment concernant les citernes d'hydrocarbures

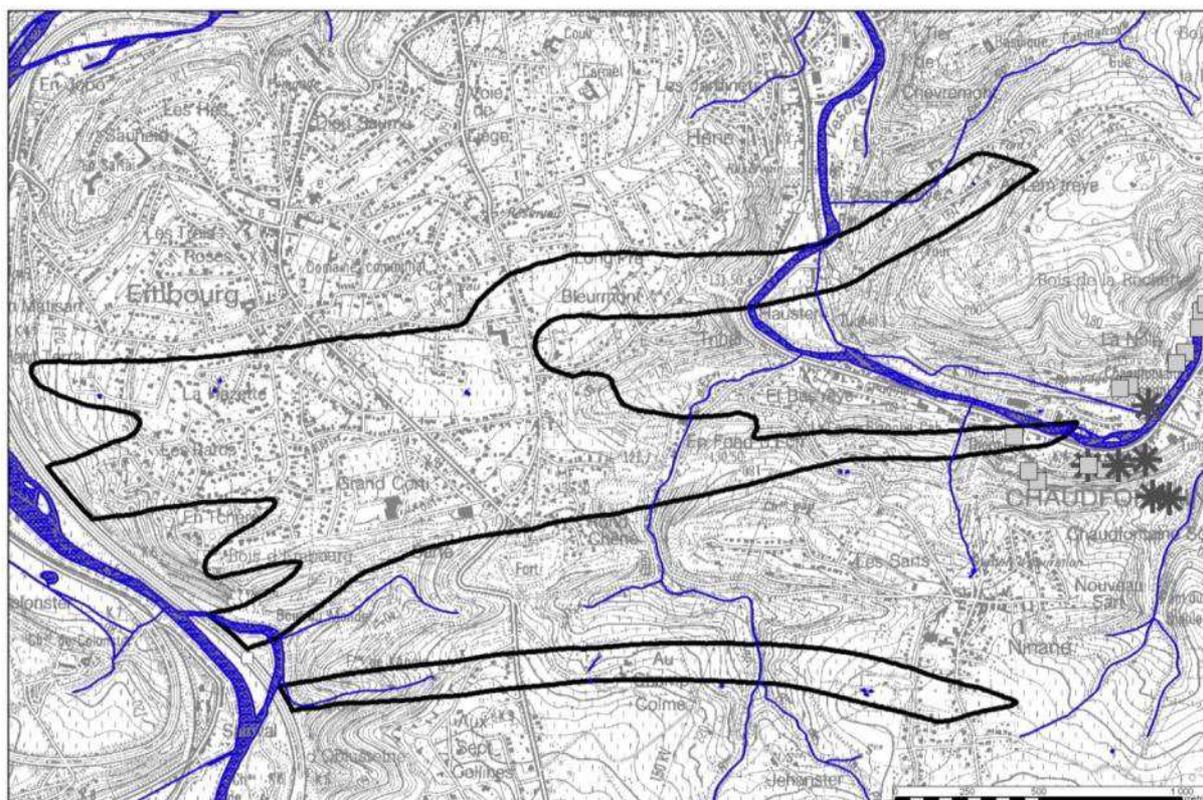


Figure VIII.1 : Zone de surveillance de l'aquifère thermo-minéral de Chaudfontaine

<sup>20</sup>Arrêté ministériel relatif à l'établissement d'une zone de surveillance pour la protection de l'aquifère thermo-minéral de Chaudfontaine (Mention au M.B. du 03.05.2002, p. 18736)

## **IX. METHODOLOGIE D'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE**

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

### **IX.1. ORIGINE DES INFORMATIONS**

#### **IX.1.1. Données géologiques et connexes**

Par souci d'homogénéité sur l'ensemble de la zone d'étude, malgré l'existence de levés géologiques plus récents, la carte géologique servant de base à la carte hydrogéologique de Seraing-Chênée est la carte géologique n°134 au 1/40.000 de Forir et Murlon, datant de 1897. La carte géologique de Seraing-Chênée a été digitalisée par nos soins. Les formations géologiques ont ensuite été regroupées en unités hydrogéologiques.

Des discontinuités avec les cartes voisines entre les limites géologiques et/ou hydrogéologiques peuvent apparaître. Ces disparités sont le résultat de l'utilisation de fonds géologiques de générations différentes. La méthode de levé des nouvelles cartes géologiques est différente de celle employée auparavant (Dejonghe, 2007), ainsi des discontinuités entre les formations géologiques existent entre les différentes générations de cartes. Sur la zone de Seraing-Chênée, des discontinuités importantes peuvent apparaître le long des limites sud et est de la carte. La carte géologique Fléron-Verviers (42/7-8) a en effet été actualisée en 1996 et publiée au 1/25.000 (Laloux et al., 1996) tandis que la carte géologique Taviers-Esneux<sup>21</sup> (49/1-2) actualisée est en cours de préparation pour publication et a été utilisée pour la réalisation de la carte hydrogéologique correspondante.

La continuité des unités hydrogéologiques le long de ces deux frontières est assurée au maximum. Cependant, en fonction du levé des cartes géologiques, ici de générations et d'échelles différentes, quelques discontinuités sont observées. Concernant les deux autres cartes voisines, la continuité des unités hydrogéologiques est mieux assurée. En effet, tant au nord qu'à l'ouest, la carte hydrogéologique utilise l'ancien fond géologique au 1/40.000.

Il convient aussi de noter que quelques petites discontinuités entre unités hydrogéologiques peuvent subsister ; par exemple, dans le cas de regroupement ou non de formations géologiques, de changement de faciès d'une formation géologique. Sur la carte Seraing-Chênée, une telle discontinuité est observée le long de la frontière ouest, où la bande de schistes houillers qui affleure en rive gauche de la Meuse, intercalée entre l'aquifère alluvial et les calcaires

---

<sup>21</sup>La première version de cette carte hydrogéologique est basée sur la carte géologique au 1/40.000. La version actualisée (après 2015) sera basée sur la nouvelle carte géologique de Wallonie au 1/25.000.

carbonifères, n'est pas cartographiée sur la carte voisine Jehay-Bodegnée – St-Georges/Meuse (41/7-8). Une situation similaire est observée dans le coin NE de la carte Seraing-Chênée, où les formations mésozoïques cartographiées (marnes campaniennes et craies du Crétacé) ne sont pas répertoriées sur la zone adjacente de la carte Alleur-Liège (42/1-2).

Des données concernant les calcaires carbonifères et dévoniens tels que les pertes, résurgences, dolines, etc. sont disponibles dans l'atlas du Karst Wallon (CWE PSS, 1996, 2015).

Quelques sites de la région étudiée ont fait l'objet d'investigations géophysiques. Ces zones de prospections géophysiques ont été simplement localisées sur la carte hydrogéologique. Le type de prospection géophysique menée et les références bibliographiques sont mentionnées. Ces investigations ont été réalisées dans le cadre de la caractérisation de sites contaminés menées par la SPAQuE.

- Site de la Chatqueue (LGIH, 1980, 1991a, 1991c, 1993) : traînés électriques, sondages électriques et sondages sismiques ;
- Site du Bois Saint-Jean (G-TEC, 2001) : tomographies électriques et sondages sismiques.

### IX.1.2. Données météorologiques et hydrologiques

Le territoire de la carte Seraing-Chênée compte quatre stations météorologiques (Tableau IX.1). Trois (Bierset, Angleur et Ivoz-Ramet) appartiennent à l'Institut Royal Météorologique (IRM) tandis que la dernière (Sart-Tilman) est la propriété du SETHY (SPW, DGARNE).

**Tableau IX.1 : Caractéristiques des stations climatiques localisées sur la carte Seraing-Chênée**

Station	Propriétaire	Code	Début des observations	
			Pluviométrie	Température
Bierset	IRM	G13	Juin 1951	Décembre 1953
Angleur		GV6	Janvier 1951	Décembre 1953
Ivoz-Ramet		GV56	Janvier 1951	-
Sart-Tilman	SETHY	-	Juillet 1998	

Six stations limnimétriques, gérées par le Service Public de Wallonie (DG03-DRCE-DCENN), mesurent les hauteurs d'eau et parfois le débit du réseau hydrographique de la carte de Seraing-Chênée. Quatre de ces stations sont situées sur l'Ourthe, une sur la Vesdre et la dernière sur la Meuse (Tableau IX.2).

**Tableau IX.2 : Caractéristiques des stations limnimétriques localisées sur la carte Seraing-Chênée**

Station	Référence	Cours d'eau	Mesures	Début des mesures
Angleur Gr. Battes av	5804	Ourthe	Hauteurs	16/01/1969
Angleur Gr. Battes am	5808		Hauteurs et débits	19/06/1967
Sauheid	5826		Hauteurs et débits	21/01/1972
Méry	5857		Hauteurs	26/04/1994
Chaufontaine	6228	Vesdre	Hauteurs et débits	02/06/1975
Ivoz-Ramet Bief Am	7117	Meuse	Hauteurs	26/06/1967

### IX.1.3. Données hydrogéologiques

#### IX.1.3.1. Localisation des ouvrages

Dans la base de données BD-Hydro et la File GeoDataBase (liée au projet SIG de la carte hydrogéologique), 342 ouvrages ont été encodés dont 107 puits (puits forés et puits traditionnels), 174 piézomètres, 7 captages d'eau géothermale, 28 stations de démergement, 9 galeries et 3 drains. Sont aussi encodées des informations concernant 7 sources (exploitées ou non) et 7 forages pour sonde géothermique<sup>22</sup>. Ces données proviennent de sociétés de distribution d'eau (CILE), d'industriels, de divers rapports techniques (voir liste bibliographique), d'agriculteurs et de particuliers ainsi que de la base de données de la Région Wallonne (10-sous), <http://carto1.wallonie.be/10SousInt>. Ces données ont été complétées par la campagne de terrain menée en 2005 lors de la première version de la carte (Ruthy et Dassargues, 2005).

De plus, selon l'atlas du karst wallon, neuf résurgences et cinquante pertes sont recensées sur le territoire de la carte Seraing-Chênée. Tous ces éléments karstiques sont repris sur la carte principale du poster.

Lorsqu'il est disponible, le tracé des galeries et des drains figure sur la carte principale au 1/25.000. Pour une question de visibilité, il n'est pas repris sur les cartes thématiques (dont l'échelle est 1/50.000). Ces tracés ont été fournis par les sociétés de distribution publique d'eau. Il s'agit généralement de tracés approximatifs, n'ayant pas systématiquement fait l'objet d'un levé précis par un géomètre. Sur la carte Seraing-Chênée, on compte douze ouvrages linéaires de prise d'eau (galeries et drains). Cependant, seul l'aqueduc de la CILE aboutissant au réservoir d'Hollogne est cartographié.

#### IX.1.3.2. Données piézométriques

On dispose d'un nombre important de données piézométriques pour la carte Seraing-Chênée. Celles-ci concernent en majorité des points faisant l'objet d'un suivi environnemental dans le cadre de la surveillance/réhabilitation de sites contaminés ou des forages creusés lors d'études hydrogéologiques diverses, comme le projet Pollusol commandité par la SPAQuE (Pereira et al., 2012). Une campagne de mesures piézométriques a également été réalisée, dans le cadre de la

<sup>22</sup>Il s'agit de forages creusés uniquement pour descendre une sonde géothermique en profondeur. Ils sont ensuite rebouchés (cimentés) et c'est le liquide caloporteur qui circule. Il n'y a donc pas de prise d'eau à proprement-dit.

carte hydrogéologique, par l'équipe d'Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement de l'ULg en 2005.

On dénombre, au total, plus de 150 000 mesures pour la région de Seraing-Chênée. Elles concernent 159 puits ou piézomètres. La majorité de ces ouvrages n'a été visité qu'à une seule reprise. Quelques-uns ont fait l'objet d'un monitoring automatique à haute fréquence (horaire) sur des périodes assez longues, pouvant atteindre plusieurs années. Des niveaux piézométriques ponctuels sont indiqués sur la carte principale du poster.

Sur la carte principale et la coupe hydrogéologique du poster, quelques données piézométriques sont présentées. Dans le [chapitre IV.2](#), sur base des données disponibles, le contexte piézométrique est développé.

### ***IX.1.3.3. Données hydrochimiques et tests sur puits***

L'essentiel des données hydrochimiques ont été fournies par la Direction des Eaux Souterraines (DESO-SPW, Base de données Calypso). La CILE, la SPAQuE, divers rapports techniques et les prélèvements faits lors des campagnes de terrain de 2005 ont complété ce jeu initial.

Ainsi, 185 ouvrages (puits et piézomètres, galeries, sources) sont concernés. Les premières données datent de 1995. Ces analyses caractérisent la plupart des unités hydrogéologiques de la carte Seraing-Chênée. Ces points, où des données chimiques sont disponibles, sont reportés sur la carte thématique des informations complémentaires et du caractère des nappes. Ils reprennent également les ouvrages dont l'eau a été analysée dans le cadre du projet Pollusol, même si les résultats obtenus ne sont pas présentés dans cette notice. Le [chapitre V](#) décrit en détails le cadre hydrochimique des unités hydrogéologiques rencontrées sur la carte Seraing-Chênée.

Divers tests sont parfois menés sur les puits, tels que des diagraphies, des essais de pompage, des tests de traçage afin de mieux connaître le contexte hydrogéologique dans lequel ces ouvrages sont implantés. Ces données proviennent généralement des sociétés de distribution publique d'eau ou d'études hydrogéologiques diverses. Le résultat de ces tests (essais de pompage essentiellement) est synthétisé au [chapitre VII](#). Sur la carte thématique des informations complémentaires, les puits ayant fait l'objet de tels tests sont mis en évidence par divers symboles. On compte 11 puits où des essais de pompage ont eu lieu, 15 puits où des essais de traçage ont eu lieu et 2 forages ayant fait l'objet d'une diagraphie.

### **IX.1.4. Autres données**

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

Plusieurs zones vulnérables aux nitrates ont été définies en Wallonie. La carte Seraing-Chênée est située à cheval sur quatre zones vulnérables aux nitrates définies par le gouvernement Wallon. Le contour de ces zones a été fourni par le SPW. De plus amples renseignements sont repris au [chapitre V.2](#).

Sur la carte Seraing-Chênée, seule une zone de surveillance arrêtée est reportée sur la carte principale. Le contour de ces zones a été fourni par le Service Public de Wallonie. Cette zone est décrite au [chapitre VIII](#).

## **IX.2. BASE DE DONNEES HYDROGEOLOGIQUES**

De telles données, aussi complexes et plus ou moins abondantes, nécessitent une organisation structurée de manière à optimiser leur stockage, leur gestion et leur mise à jour. Ainsi une base de données hydrogéologiques géorelationnelle a été développée (Gogu, 2000; Gogu *et al.*, 2001). Cette première version de la base de données BD-HYDRO a été régulièrement améliorée.

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

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

## **IX.3. POSTER DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE**

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

- la carte hydrogéologique principale (1/25.000) ;
- les cartes thématiques (1/50.000) :
  - Carte des informations complémentaires et du caractère des nappes ;
  - Carte des volumes d'eau prélevés ;
- la coupe hydrogéologique (avec deux échelles verticales) ;
- le tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie' ;
- la carte de la Belgique (1/5.000.000) où est localisée la carte étudiée.

### **IX.3.1. Carte hydrogéologique principale**

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

- le fond topographique de la carte IGN 1/10 000, sous licence SPW-DGO3 ;
- le réseau hydrographique ;
- les unités hydrogéologiques ;
- les failles ;
- les piézomètres ;
- les puits des sociétés de distribution d'eau ;
- les puits captant des eaux géothermales ;
- les puits privés exploités et déclarés à la Région wallonne ;
- les stations de démergement ;
- les sources exploitées ou non ;
- les puits d'accès aux galeries et drains ;
- l'aqueduc d'Hollogne ;
- les sondes géothermiques ;
- les pertes et résurgences connues ;
- les écoulements karstiques reconnus par traçage ou supposés ;
- les stations limnimétriques ;
- les stations climatiques ;
- à défaut de carte piézométrique, des valeurs de niveau des autres unités hydrogéologiques, avec la date de la mesure ;
- le trait localisant le tracé de la coupe hydrogéologique.

### **IX.3.2. Carte des informations complémentaires et du caractère des nappes**

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

Le caractère des nappes rencontrées est également spécifié. Il s'agit de définir si les nappes sont libres, semi-captives (semi-libres) ou captives (voir [paragraphe IV.2.7](#)).

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

### IX.3.3. Carte des volumes d'eau prélevés

Sur cette carte thématique, sont reportés l'ensemble des points hydrogéologiques (forages, drains, sources, résurgences/pertes) classés selon l'unité hydrogéologique sollicitée. 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.

Cette carte, au 50.000<sup>ème</sup>, reprend également les volumes d'eau prélevés annuellement, informations extraites de la base de données de la Région Wallonne "dix-sous" (D GARNE). Les volumes représentés sont les volumes déclarés par les titulaires au Service Public de Wallonie. Trois catégories de volumes sont répertoriées sur la carte Seraing-Chênée, les volumes destinés à la distribution publique d'eau potable, les volumes pompés par les stations de démergement et les autres volumes (particuliers, agriculteurs, industries...). Les données présentées sur cette carte sont les volumes prélevés (selon les déclarations des titulaires), respectivement, en 2014, 2013 et 2012.

L'exploitation d'une prise d'eau souterraine est soumise à de nombreux aléas et donc, peut être variable. Les contraintes techniques de l'ouvrage, l'activité économique, liée à ce captage, et l'évolution des conditions hydrogéologiques de la nappe sollicitée, peuvent perturber les capacités de production. La présentation, sur la carte des Volumes, des volumes moyens prélevés, correspond à la moyenne des cinq dernières années (2008-2012) (basés sur les déclarations des titulaires de prise d'eau). Ils illustrent de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la carte étudiée. Ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni de l'exploitation réelle des nappes. Elles reflètent simplement l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées. Parmi ces dernières, il se peut que certaines d'entre elles soient des années sans prélèvement. Le [chapitre VI](#) consacré à l'exploitation des aquifères reprend l'historique des principaux captages de la carte.

### IX.3.4. Tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie'

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

### IX.3.5. Coupes hydrogéologiques

Parmi les éléments présentés sur le poster de la carte hydrogéologique Seraing-Chênée figurent les coupes hydrogéologiques. Elles permettent de comprendre dans son ensemble le contexte géologique de la région. Les grandes structures géologiques y apparaissent. Cette coupe est tracée sur base de la carte géologique de Forir & Murlon (1897). Une coupe avec exagération des hauteurs (facteur d'échelle X5) a également été dessinée. Ainsi, là où la donnée est disponible, des informations sur le niveau piézométrique des nappes ont été indiquées. Ces coupes sont commentées en détails au [paragraphe IV.2.6](#).

## X. BIBLIOGRAPHIE

**Adams R. & Vandenberghe N.** (1999) : The Meuse section across the Condroz-Ardennes (Belgium) based on a predeformational sediment wedge. *Tecnophysics*, n°309, pp. 175-195

**Antea** (2015) : Rapport d'investigations supplémentaires – Site Chimeuse-Est. *Rapport technique 2270933026/sst pour la SPAQuE*, 36 p.

**ASES** (2009) : SAED « Chimeuse – Chimeuse Est » à Saint-Nicolas – Liège (SLg 6503-02s) – Etude hydrogéologique et campagne de terrain 2009. *Rapport technique pour la SPAQuE*, 62 p.

**Batlle-Aguilar J.** (2008) : Groundwater flow and contaminant transport in an alluvial aquifer : in situ investigation and modelling of a brownfield with strong groundwater–surface water interactions. *Thèse de doctorat, Université de Liège (Belgique)*, non publié, 245 p

**Batte-Aguilar J., Brouyère S., Dassargues A., Morasch B., Hunkeler D., Höhener P., Diels L., Vanbroekhoven K., Seuntjens P. & Halen H.** (2009) : Benzene dispersion and natural attenuation in an alluvial aquifer with strong interactions with surface water. *Journal of Hydrology*, n°369, pp. 305-317

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

**Bonnechère F., Pignon E., Hazard J., Monjoie A., Polo-Chiapolini Cl., Zeimet M.J. & Barnich, M.P.** (1984) : Carte géotechnique 42.5.4, Liège Seraing. 1/5.000. Centre de cartographie géotechnique de l'Université de Liège, 1 notice de 89 p, 11 planches hors texte

**Bonnechère F., Bolle A., Dehard J., Monjoie A., Polo-Chiapolini Cl., Perin P. & Barnich M.P.** (1987) : Carte géotechnique 42.5.2, Liège Saint-Nicolas. 1/5.000. Centre de cartographie géotechnique de l'Université de Liège, 1 notice de 94 p, 9 planches hors texte

**Bonnechère F., Bolle A., Monjoie A., Polo-Chiapolini & C. Yernaux** (2006) : Carte géotechnique Engis-Flémalle 1/10.000, Centre de cartographie géotechnique de l'Université de Liège, 1 notice de 62 p, 10 planches hors texte

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

**Brouyère S., Batlle-Aguilar J., Goderniaux P. & Dassargues A.** (2008) : A new tracer technique for monitoring groundwater fluxes: The Finite Volume Point Dilution Method. *Journal of Contaminant Hydrology*, n°95(3), pp. 121-140

**Bultynck P. & Dejonghe L.** (2001) : Lithostratigraphic scale of Belgium. *Geologica Belgica*, vol 4, n°1-2, pp. 1-164

**Calembert L., Pel J. & Brumagne D.** (1964) : Géologie, Extrait du 2ième cahier du Sart-Tilman. Publication n°25, Laboratoires de Géologie de la Fac. des Sc. Appl., ULg

**Calembert L., Monjoie A. et Pel J.** (1970) : La géologie du Sart-Tilman, Collection des Publications de la Fac. des Sc. Appl., ULg, n°22, pp.16-21

**Calembert L. et Monjoie A.** (1973) : Observations sur les nappes aquifères de fissures dans le promontoire Meuse-Ourthe. Dans *Mémoires C.E.R.E.S., hors série (hommage à R.Spronck)*, Université de Liège, pp. 97-108

**Calembert L., Fagnoul A., Stassen P., Bonnechère F., Monjoie A. & Van Duyse, H.** (1974a) : La géologie de l'ingénieur appliquée à l'étude du site d'un métro dans le bed-rock houiller à Liège. *Colloque de Centenaire de la Société Géologique de Belgique*, pp. 163-192

**Calembert L., Pel J., Monjoie A., Burton E. & Lambrecht L.** (1974b) : Géologie, Les guides scientifiques du Sart-Tilman, Conseil scientifique des Sites du Sart-Tilman, 107 p

**Calembert L., Monjoie A. & Polo-Chiapolini, Cl.** (1975) : Carte géotechnique prototype du Sart-Tilman. 1/5.000. Centre de cartographie géotechnique de l'Université de Liège, Annales des travaux publics de Belgique, n°5, 1 notice de 26 p., 10 planches hors-texte

**Calembert L., Bonnechère F, Fagnoul A., Monjoie A., Polo-Chiapolini Cl., Cajot O. & Langhor, R.** (1977) : Carte géotechnique 42.6.1, Liège. 1/5.000. Centre de cartographie géotechnique de l'Université de Liège, 1 notice de 68 p, 8 planches hors texte

**Calembert L., Fagnoul A., Monjoie A., Polo-Chiapolini Cl., Cajot O., Bonnechère F., Montrieux M.C., Wafflard R. & Van Duyse, D.** (1978) : Carte géotechnique 42.6.3, Liège. 1/5.000. Centre de cartographie géotechnique de l'Université de Liège, 1 notice de 100 p, 10 planches hors texte

**Castany G.** (1998) : Hydrogéologie, principes et méthodes, Dunod, 236 p.

**CWEPSS** (1996) : Atlas du Karst Wallon: Inventaire cartographique et descriptif des sites karstiques et rivières souterraines de Wallonie. DGARNE & CWEPSS (Commission Wallonne

d'Etude et de Protection des Sites Souterrains asbl) <http://www.cwepss.org/atlasKarst.htm> + actualisation des données (version informatique, 2015)

**Dassargues A.** (1997) : Groundwater modelling to predict the impact of a tunnel on the behaviour of a water table aquifer in urban conditions. In *Groundwater in the Urban Environment: Problems, Processes and Management*, J. Chilton et al (Eds), Proc. of XXVII IAH Congress, Balkema, pp. 225-230

**Dassargues A.** (2010) : Hydrogéologie, Notes de cours, Université de Liège, non publié

**Dassargues A. & Monjoie A.** (1993) : Hydrogeology of the chalk of North-West Europe. Chapter 8 : Chalk as an aquifer in Belgium, pp. 153 - 169, Oxford University Press

**Dassargues A., Wildemeersch S. & Rentier C.** (2014a) : Gravieres de la Meuse (alluvions modernes et anciennes) en Wallonie. In *Watervoerende lagen & grondwater in België – Aquifères & eaux souterraines en Belgique*, Partie 1, Chapitre 4, pp. 37-46. Academia Press

**Dassargues A., Wildemeersch S., Orban Ph. & Brouyère S.** (2014b) : Remontées des nappes dans les anciens travaux miniers et activités de démergement - Modélisation hydrogéologique spécifique et exemple de la zone minière de Cheratte. In *Watervoerende lagen & grondwater in België – Aquifères & eaux souterraines en Belgique*, Partie 2, Chapitre 10, pp. 427-436. Academia Press

**Dejonghe L.** (1998) : Zinc-lead deposits of Belgium. *Ore Geology Reviews*, n°12, pp. 329-354

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

**Dejonghe L. & Boni M.** (2004) : The "Calamine-type" zinc-lead deposits: a product of mesozoic palaeoweathering. *Geologica Belgica*, n°8, pp. 3-14

**de Marsily, G.** (2004) : Cours d'hydrogéologie. Paris, Université Pierre et Marie Curie, 226 p.

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

[http://environnement.wallonie.be/directive\\_eau/edl\\_ssb/GuideFichesMESO\\_v1\\_20.pdf](http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/GuideFichesMESO_v1_20.pdf)

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

<http://spw.wallonie.be/dce/fme/RWM021.pdf>

<http://spw.wallonie.be/dce/fme/RWM040.pdf>

<http://spw.wallonie.be/dce/fme/RWM073.pdf>

<http://spw.wallonie.be/dce/fme/RWM142.pdf>

<http://spw.wallonie.be/dce/fme/RWM151.pdf>

**Droeven E., Feltz C. & Kummert M.** (2004) : Les territoires paysagers de Wallonie. Conférence permanente du développement territorial, Etudes et Documents 4, Service public de Wallonie, Namur, 74 p.

**Dubois A.** (1975) : La coloration de la résurgence intermittente de Crève-Coeur-Esneux. *Les Calcaires, Revue Spéléologique Liégeoise*, n°4, pp. 24-25

**Ek C., Barchy L., Marion JM. & Vandevinne R.** (2004) : Balade géologique, Le long de l'Ourthe de Liège à Comblain-au-Pont, ULg-Service de Paléontologie animale et humaine et DGRNE (Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement), 84 p.

**Evens A. & Evans-Naport P.** (1996) : Approche de la pollution chimique du système hydrogéologique Chawresse- Sainte-Anne, *Regards (Bull. de l'Union Belge de Spéléologie)*, n°24, pp. 2-6

**Forir H. & Murlon M.** (1897) : Carte géologique de Belgique, 1/40.000. Planchette 134 de Seraing-Chênée, Service Géologique de Belgique.

**Fourmarier, P.** (1910a) : Texte explicatif du levé géologique de la planchette de Seraing (n°134). Service Géologique de Belgique, 29 p.

**Fourmarier, P.** (1910b) : Texte explicatif du levé géologique de la planchette de Chênée (n°134). Service Géologique de Belgique, 38 p.

**Fourmarier P.** (1955) : Réflexions au sujet de l'origine des eaux thermales de Chaudfontaine (Vallée de la Vesdre). *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, T.78, pp.B.491-510

**Geolys** (2010) : Suivi de forages et interprétation d'essais de pompage - Site : Immeuble "Centre Finances", Rue Paradis 1, B-4000 Liège. *Rapport technique D696*, 44 p. + annexes.

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

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

**Graulich J.M.** (1983) : L'hydrogéologie thermale de Chaudfontaine. *Bull. Soc. Belge de Géologie*, T.92, fasc.3, pp. 195-212

**G-TEC** (2001) : Etude de faisabilité de confinement par drainage d'une zone de traitement contrôlée sur le site du Bois Saint-Jean, Mesures géophysiques. *Rapport technique 01-023 pour la SPAQuE*

**Harbaugh A.** (2005) : MODFLOW-2005, the US Geological Survey Modular Ground-Water Model – The Ground-Water Flow Process. U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16, 253 p.

**Hallet V.** (1998) : Etude de la contamination de la nappe aquifère de Hesbaye par les nitrates : hydrogéologie, hydrochimie et modélisation mathématique des processus d'écoulement et de transport en milieu saturé. *Thèse de doctorat*, Université de Liège, non publié

**Hallet V., Peters V., Ruthy I., Gogu R. C.** (2012) : Carte hydrogéologique de Wallonie, Planchettes Waremme - Momalle, Heers - Borgloon n° 41/3-4, 33/7-8. Edition : Service public de Wallonie, DGO3 (DGARNE), 1 notice explicative de 92 p.

**Humblert E.** (1941) : Le Bassin houiller de Liège, *Revue universelle des mines*, Eds Assoc. des Ingénieurs Liégeois, 84ième année, 8ième série, T.17, n°12, pp. 357-377 + 11 planches

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

**Lacquement F., Mansy JL., Hanot F. & Meilliez F.** (1999) : Retraitement et interprétation d'un profil sismique pétrolier au travers du Massif paléozoïque ardennais (Nord de la France). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, n°329, pp. 471-477

**Laloux M., Dejonghe L., Ghysel P. & Hance L.** (1996) : Carte géologique de Wallonie, 42/7-8 Fléron-Verviers. 1/25 000. *Namur*, Service Public de Wallonie, Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement, 1 notice explicative de 151 p

**Lejeune V., Dassargues A. & Monjoie A.** (1991) : Réseau piézométrique de contrôle de la nappe alluviale - Gare de Kinkempois (SNCB). *Rapport technique SNCB/911 pour la SNCB*, 32 p.

**LGIH** (1980) : Terril de la Chatqueue – Cockerill sa. *Rapport technique COCK/801 pour la SPAQuE*

**LGIH** (1991a) : Terril de la Chatqueue – Cockerill sa – Prospection géophysique. *Rapport technique COCK/911 pour la SPAQuE*

**LGIH** (1991b) : Terril de la Chatqueue – Cockerill sa – Etude géologique et hydrogéologique: forages de reconnaissance. *Rapport technique COCK/912 pour la SPAQuE*

**LGIH** (1991c) : Terril de la Chatqueue – Cockerill sa – Etude géologique et hydrogéologique: prospection géophysique complémentaire – Secteur Est. *Rapport technique COCK/914 pour la SPAQuE*

**LGIH** (1991d) : Terril de la Chatqueue – Cockerill sa – Etude géologique et hydrogéologique : piézomètres complémentaires rue du Fort. *Rapport technique COCK/915 pour la SPAQuE*

**LGIH** (1993) : Terril de la Chatqueue – Cockerill sa – Prospection géophysique complémentaire – Secteur Nord et Est. *Rapport technique COCK/931 pour la SPAQuE*

**LGIH** (1996a) : Programme-Action Hesbaye. Ministère de la Région Wallonne, Division de l'eau – Service des eaux souterraines

**LGIH** (1996b) : Terril de la Chatqueue – Cockerill sa – Essais Lugeon et injections. *Rapport technique COCK/963 pour la SPAQuE*

**Lohest M.** (1904) : Les grandes lignes de la géologie des terrains primaires de la Belgique. *Annales de la Société géologique de Belgique*, n°31, pp. 219-232

**Monjoie A.** (1970) : Etude des eaux souterraines du Sart-Tilman, *Collection des Publications de la Faculté des Sciences Appliquées*, n°22, pp. 57-62

**Monjoie A.** (2002) : Caractéristiques des eaux minérales, carbo-gazeuses et thermales du sud-est de la Belgique. *Géologues (Union Française des Géologues)*, n°133-134, pp. 119-123

**Monjoie A. & 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<sup>e</sup> livraison

**Orban Ph., Brouyère S., Compère J.-M., Six S., Hallet V., Goderniaux P. & Dassargues A.** (2014) : Aquifère crayeux de Hesbaye, Dans *Watervoerende lagen & groundwater in België – Aquifères & eaux souterraines en Belgique*, Partie 1, Chapitre 12, pp. 143-159. Academia Press

**Pel, J.** (1980) : Structurologie de l'Eodévonien du campus universitaire du Sart-Tilman (Liège). Dans *Hommage à Léon Calembert*, Eds Georges Thone, Liège, pp. 231-239

**Pereira B., Titeux H., Schneider A., Sonnet P., Gesels J., Dollé F., Brouyère S., Dere C., Ducobu C., Colinet G., Marijns A. & Passelecq C.** (2012) : Délivrable 14 (B) : Rapport final du projet Pollusol 2. SPAQuE, non-publié

- Pfannkuch H-O.** (1990) : Elsevier's Dictionary of Environmental Hydrogeology, Elsevier.
- Ruthy I. & Dassargues A.** (2005) : Carte hydrogéologique de Wallonie, Seraing-Chênée. 1:25000. Edition : Service public de Wallonie, DGO3 (DGARNE), 1 notice explicative de 58 p. Première version (août 2005)
- Ruthy I. & Dassargues A.** (2006) : Carte hydrogéologique de Wallonie, Allier-Liège. 1:25000. Edition : Service public de Wallonie, DGO3 (DGARNE), 1 notice explicative de 58 p.
- Ruthy I. & Dassargues A.** (2010) : Carte hydrogéologique de Wallonie, Jehay-Bodegnée - St-Georges. 1:25000. Edition : Service public de Wallonie, DGO3 (DGARNE), 1 notice explicative de 110 p.
- Ruthy I., Biron J.-P. & Dassargues A.** (2014) : Calcaires et grès des bassins de la Vesdre et de la Geule. Dans *Watervoerende lagen & grondwater in België – Aquifères & eaux souterraines en Belgique*, Partie 1, Chapitre 21, pp. 245-256. Academia Press
- Ruthy, I., & Cornet, J.-L.** (2014) : Les eaux minérales et thermales de Chaudfontaine. Dans *Watervoerende lagen & grondwater in België - Aquifères & eaux souterraines en Belgique*, Partie 2, Chapitre 2, pp. 341-345. Academia Press
- Schoonbroodt J.** (2001) : Chantoir de Plainevaux, douxhe de la Croisette et découverte de leurs résurgences. *Regards*, n°40, pp. 2-7
- SGS** (2002) : Etude de confinement sur le site SLg6503-01s (Bois Saint-Jean). *Rapport technique E45 pour la SPAQuE 1*, 42p + annexes
- SGS** (2003) : Etude hydrogéologie – Drain BSJ sur le site SLg6503-01s (Bois Saint-Jean). *Rapport technique 592451 pour la SPAQuE*, 38p + annexes
- SGS** (2013) : Etude d'incidences sur l'environnement – CET de la Chatqueue. Dossier n°110.422
- SPAQuE** (2009) : Lg6503-001 – Bois Saint-Jean à Seraing – Surveillance environnementale : bilan 2009. 9p.
- SPW-DGO3** (2014) : Etat des nappes d'eau souterraine de Wallonie. Edition : Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique. Dépôt légal **D/2014/11802/11** - ISBN **978-2-8056-0142-2** – **Mars 2014 – Treizième année** - <http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/>
- Tauw Belgique** (2011) : Site « LBP à Chênée » - Investigations des caractérisations et des lignes directrices des faisabilités. *Rapport technique CAR/LDF/AP/0311/Lg4403-002 pour la SPAQuE*

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

**Vandenven G.**, (1978) : Géologie de l'autoroute E.9, entre Chênée et Beaufays, *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T.101., pp. 121-126

**Vanderlinden M.** (1986) : Expérience de traçage dans le vallon de la Chawresse. Dans Actes du colloque d'étude des phénomènes hydrogéologiques de la Chawresse, Angleur, édité par la Société Spéléologique de Wallonie.

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

**Zheng C. & Wang P.P.** (1999) : MT3DMS, A modular three-dimensional multi-species transport model for simulation of advection, dispersion and chemical reactions of contaminants in groundwater systems; documentation and user guide, U.S. Army Engineer Research and Development Center Contract Report SERDP-99-1, Vicksburg, MS, 202 p.

## ANNEXE 1 : LISTE DES ABREVIATIONS DES INSTITUTIONS ET ORGANISMES

- **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)

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

- **CILE.** : Compagnie Intercommunale Liégeoise des Eaux

Rue du Canal de l'Ourthe, 8 à 4031 LIEGE (Angleur)

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

- **HGE-GEO<sup>3</sup>** : Hydrogéologie & Géologie de l'Environnement- GEO<sup>3</sup> - ArGEnCo – ULg

Bâtiment B52, niveau –1, Sart-Tilman à 4000 LIEGE

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

- **IRM.** : Institut Royal Météorologique, Section Climatologie

Avenue Circulaire, 3 à 1180 BRUXELLES

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

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

Suite la succession du Professeur A.Monjoie, les activités sont poursuivies au sein du département HGE-GEO<sup>3</sup> (ULg), Bâtiment B52, Sart-Tilman, Liège

- **SPAQuE** : Société Publique d'Aide à la Qualité de l'Environnement

Boulevard d'Avroy, 38/6 à 4000 LIEGE

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

- Service Public de Wallonie (**SPW**)

Depuis le 1<sup>er</sup> août 2008, le Ministère wallon de l'Équipement et des Transports (MET) et le Ministère de la Région Wallonne (MRW) ont fusionné pour donner naissance au **Service Public de Wallonie**.

Le SPW est articulé autour de Directions générales opérationnelles (DGO), dont :

- La DGO1 : Routes et Bâtiments ;
- La DGO2 : Mobilité et Voies hydrauliques, dont dépend, entre autre, le Service d'Études Hydrologiques (**SETHY**) ;
- La DGO3 : Agriculture, Ressources Naturelles et Environnement (DGARNE), dont dépend, entre autre, la Direction des Eaux Souterraines (**DESO**)

Coordonnées de la DESO :

Avenue Prince de Liège, 15 à 5100 Jambes

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

Coordonnées du SETHY :

Boulevard du Nord, 8 à 5000 NAMUR

<http://voies-hydrauliques.wallonie.be>

<http://voies-hydrauliques.wallonie.be/opencms/opencms/fr/hydro/crue/>

## ANNEXE 2 : TABLES DES ILLUSTRATIONS

### Liste des figures

Figure I.1 : Localisation de la carte Seraing-Chênée.....	4
Figure II.1 : Territoires paysagers – Seraing-Chênée.....	5
Figure II.2 : Relief et bassins-versants – Seraing-Chênée.....	6
Figure II.3 : Terrasses de la Meuse et de l'Ourthe sur la carte de Seraing-Chênée.....	8
Figure II.4 : Carte de l'occupation du sol de la carte de Seraing-Chênée.....	10
Figure II.5 : Carte des types de sol de la carte de Seraing-Chênée.....	11
Figure III.1 : Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2011; modifié).....	13
Figure III.2 : Coupe géologique interprétative (Bonnechère et al., 1984).....	21
Figure III.3 : Schéma structural de la carte de Seraing-Chênée (Forir et Murlon, 1897).....	23
Figure III.4 : Lambeaux de poussées de Kinkempois et de Streupas.....	23
Figure III.5 : Carte géologique du Sart-Tilman.....	27
Figure III.6 : Coupe géologique.....	27
Figure IV.1 : Principaux aquifères de Wallonie – Carte de Seraing-Chênée (SPW-DGO3, 2014; modifié).....	29
Figure IV.2 : Coupe géologique schématique avec les différents captages et leur teneur en tritium (Graulich, 1983).....	39
Figure IV.3 : Bloc-diagramme illustrant la circulation des eaux en profondeur (Graulich, 1983)....	40
Figure IV.4 : Phénomènes karstiques dans la bande frasnienne 'Fécheux – Sur Cortil'.....	42
Figure IV.5 : Localisation des piézomètres de l'écluse d'Ivoz-Ramet ayant fait l'objet d'un monitoring automatisé entre 2007 et 2014.....	44
Figure IV.6 : Variations du niveau piézométrique observé aux piézomètres de l'écluse d'Ivoz-Ramet. Source des données : SPW-DGO1.....	44
Figure IV.7 : Carte piézométrique du site de la cokerie de Flémalle levée en juin 2005 (Batlle-Aguilar, 2008). ....	45
Figure IV.8 : Variations du niveau piézométrique observé sur le site de la cokerie de Flémalle et du niveau de la Meuse (Batlle-Aguilar, 2008).....	46
Figure IV.9: Carte montrant les niveaux piézométriques mesurés autour du terril de la Chatqueue à Seraing avec les sens probables d'écoulement dans l'aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur (SGS, 2013). ....	49
Figure IV.10 : Carte piézométrique du site du Bois Saint-Jean à Ougrée, levée en avril 2003 (SGS, 2003).....	50
Figure IV.11 : Carte montrant la division hydrogéologique du lambeau des Sables de l'Oligocène de Boncelles - Sart-Tilman avec les sens probables d'écoulement. ....	52
Figure V.1 : Masses d'eau souterraine – Seraing-Chênée.....	57
Figure V.2 : Zones vulnérables aux nitrates – Seraing-Chênée.....	64
Figure V.3 : Evolution des teneurs en nitrates dans les eaux prélevées au réservoir d'Hollogne – Nappe des craies de Hesbaye.....	65
Figure V.4 : Evolution des teneurs en nitrates dans les eaux prélevées au puits P-Lux – Masse d'eau des calcaires et grès de la Vesdre (RWM142).....	66
Figure V.5 : Evolution des teneurs en nitrates dans les eaux prélevées aux puits CFR P1, Halage P1 et Nordifa P1 – Nappe alluviale de la Meuse.....	67
Figure V.6 : Pesticides en Région wallonne (ICEW, 2012; carte 19 modifiée).....	69
Figure V.7 : Evolution des teneurs en principaux pesticides des eaux du réservoir d'Hollogne – aquifère des craies de Hesbaye.....	70

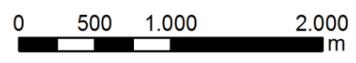
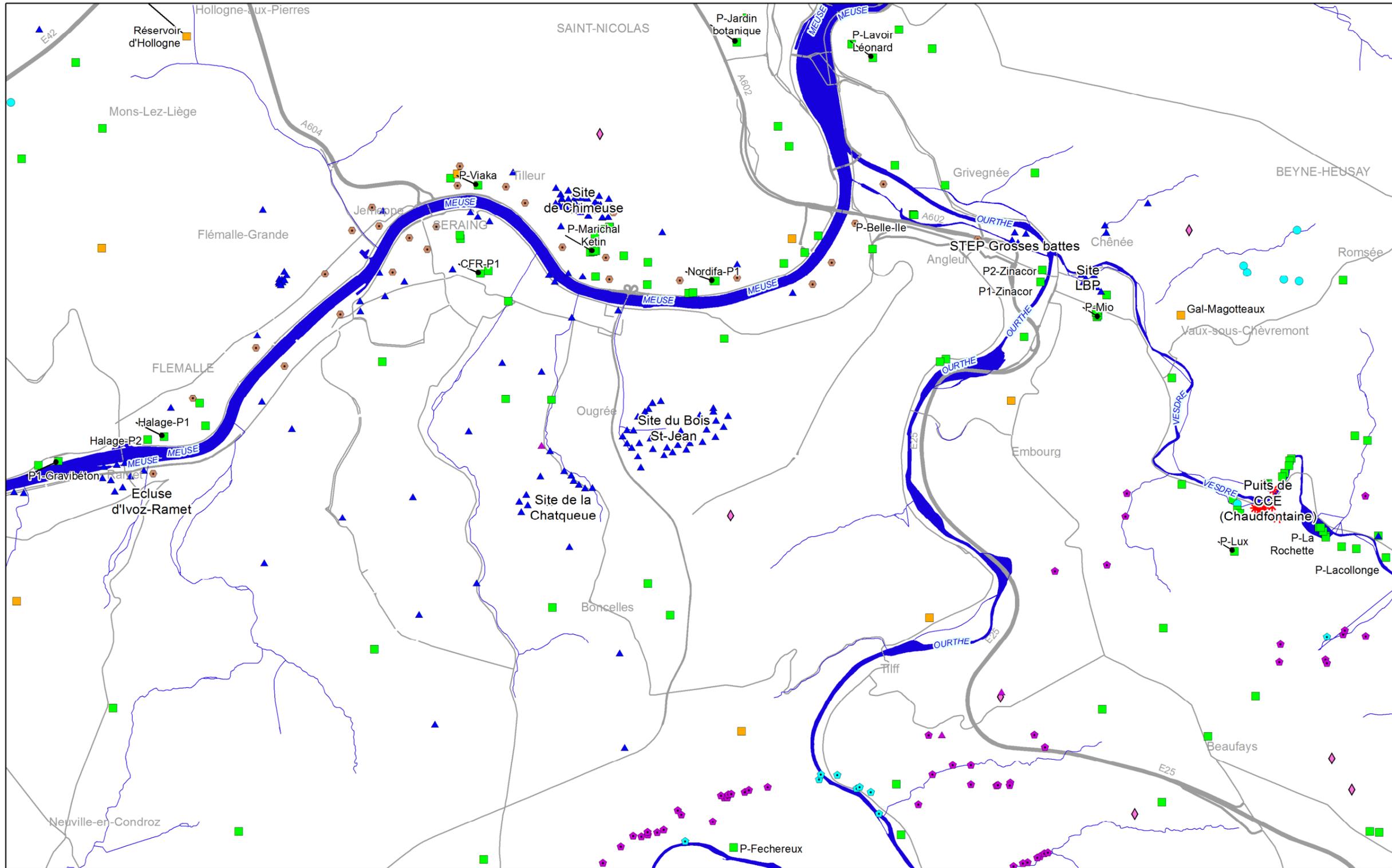
Figure V.8 : Evolution des teneurs en manganèse aux puits CFR P1 et Nordifa P1 – Aquifère alluvial de la Meuse .....	71
Figure VI.1 : Volumes prélevés pour la distribution publique d'eau potable au réservoir d'Hollogne - Aquifère des Craies de Hesbaye – Seraing-Chênée .....	74
Figure VI.2 : Volumes prélevés dans l'aquifère thermal des calcaires frasniens dans la région de Chaudfontaine – Seraing-Chênée .....	75
Figure VI.3 : Volumes prélevés dans l'aquifère alluvial de la Vesdre par Coca-Cola Entreprise – Seraing-Chênée.....	76
Figure VI.4 : Volumes prélevés dans l'aquifère alluvial de l'Ourthe à Anlgeur – Seraing-Chênée..	77
Figure VI.5 : Volumes majeurs prélevés dans l'aquifère alluvial de la Meuse à Flémalle et Seraing – Seraing-Chênée.....	78
Figure VI.6 : Volumes prélevés dans la galerie du Canal de Fond Piquette à Vaux-Sous-Chèvremont par l'entreprise Magotteaux – Bed-rock houiller – Seraing-Chênée .....	79
Figure VII.1 : Localisation des sites avec des tests de pompages et/ou traçages sur la carte Seraing-Chênée.....	84
Figure VII.2 : Site contaminé de la cokerie de Flémalle : localisation des ouvrages utilisés lors de la caractérisation du sous-sol. ....	87
Figure VIII.1 : Zone de surveillance de l'aquifère thermo-minéral de Chaudfontaine .....	93

## Liste des tableaux

Tableau II.1 : Répartition de l'occupation du sol sur la carte Seraing-Chênée .....	9
Tableau III.1 : Sous-assises de l'E2-3 supérieur et de l'E2-3 inférieur : pourcentages moyens des différents types de roches (Calembert et al, 1975) .....	25
Tableau IV.1 : Tableau de correspondance entre la géologie et l'hydrogéologie – Seraing-Chênée .....	37
Tableau IV.2 : Résultats du multi-traçage de Beaugard (mars 2005).....	41
Tableau V.1 : Sites WALSOLS répertoriés sur la carte Seraing-Chênée.....	56
Tableau V.2 : Etat des masses d'eau souterraines de la carte Seraing-Chênée .....	58
Tableau V.3 : Points du réseau de surveillance DCE localisés sur la carte Seraing-Chênée.....	58
Tableau V.4 : Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des calcaires du Frasnien – Seraing-Chênée.....	59
Tableau V.5 : Caractéristiques hydrochimiques de la nappe alluviale de la Vallée de la Meuse – Seraing-Chênée .....	60
Tableau V.6 : Caractéristiques hydrochimiques de la nappe alluviale de la Vesdre à Chaudfontaine – Seraing-Chênée.....	61
Tableau V.7 : Caractéristiques hydrochimiques de la nappe alluviale de l'Ourthe à Chênée – Seraing-Chênée .....	62
Tableau V.8 : Caractéristiques hydrochimiques d'eaux des terrains schisto-gréseux du Dévonien moyen et inférieur .....	63
Tableau V.9 : Caractéristiques hydrochimiques d'eaux de la nappe des craies de Hesbaye .....	63
Tableau V.10 : Paramètres microbiologiques des eaux du réservoir d'Hollogne.....	67
Tableau V.11 : Paramètres microbiologiques des eaux souterraines de la carte Seraing-Chênée	68
Tableau V.12 : Principaux pesticides analysés dans la nappe des craies de Hesbaye et dans la nappe alluviale de la Meuse – Seraing-Chênée .....	70
Tableau V.13 : Teneurs en métaux dans les eaux souterraines de l'aquifère des craies de Hesbaye et de l'aquifère alluvial de la Meuse – Seraing-Chênée .....	72
Tableau V.14 : Teneurs en métaux dans les eaux souterraines de l'aquifère thermal de Chaudfontaine – Seraing-Chênée.....	72

Tableau VII.1 : Valeurs du coefficient de perméabilité en fonction de la granulométrie (Castany, 1998).....	82
Tableau VII.2 : Intervalles de valeurs indicatives pour la conductivité hydraulique de différentes lithologies (échelles macroscopique & mégascopique) (Dassargues, 2010).....	82
Tableau VII.3 : Intervalles de valeurs indicatives pour la porosité (n) et la porosité effective de drainage (ne) de différentes lithologies (échelles macroscopique & mégascopique) (Dassargues, 2010).....	83
Tableau VII.4 : Essais de pompage à Chaudfontaine (Graulich, 1983).....	84
Tableau VII.5 : Récapitulatif des essais de pompage réalisés sur le site contaminé de la cokerie de Flémalle (Batlle-Aguilar, 2008) .....	86
Tableau VII.6 : Caractéristiques des injections et des restitutions des tests de traçage sur le site de la cokerie de Flémalle (Batlle-Aguilar, 2008).....	87
Tableau VII.7 : Paramètres de transport obtenus par modélisation numérique des courbes de restitutions des essais de traçage effectués sur le site de la cokerie de Flémalle (Batlle-Aguilar, 2008).....	88
Tableau VII.8 : Paramètres de l'essai de pompage réalisé sur le chantier de la tour des finances à Liège (Geolys, 2010).....	89
Tableau IX.1 : Caractéristiques des stations climatiques localisées sur la carte Seraing-Chênée .	95
Tableau IX.2 : Caractéristiques des stations limnimétriques localisées sur la carte Seraing-Chênée .....	96

## **ANNEXE 3 : CARTE DE LOCALISATION**



Puits sur galerie par gravité	Piézomètre	Station de démergement	Perte	Aqueduc	Autoroute
Autre puits	Source (exploitée ou non)	Sonde géothermique	Résurgence	Réseau hydrographique	Route principale d'importance majeure
Drain	Eau géothermale				

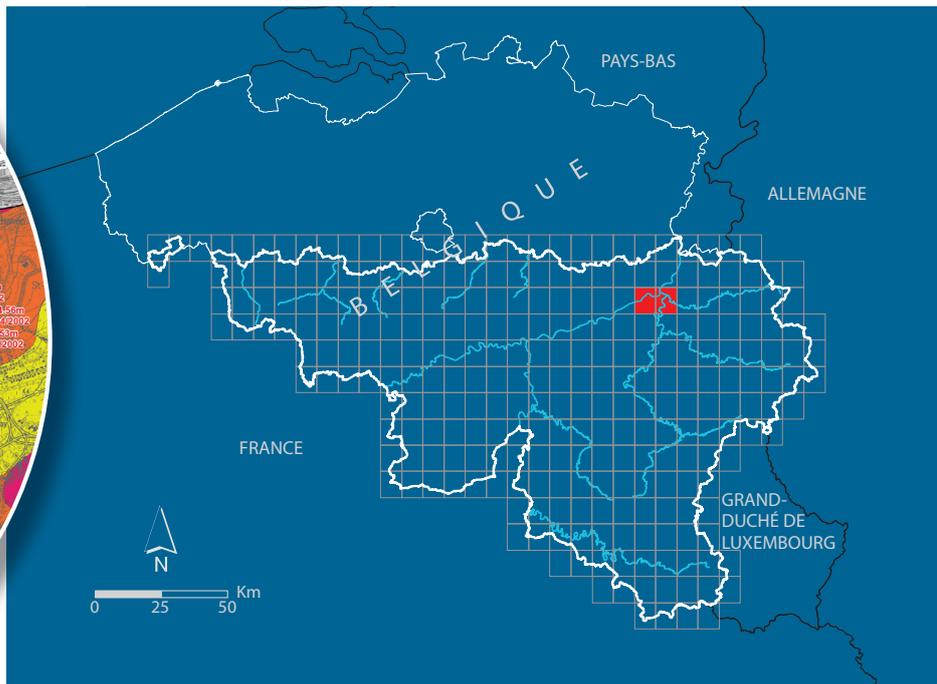
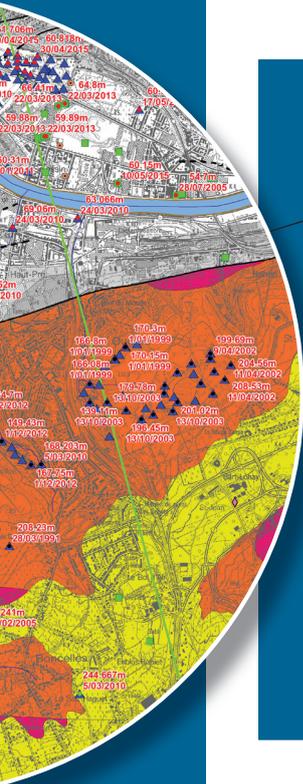
## ANNEXE 4 : COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE

Nom	Code RW	Identifiant RW	X(m)	Y(m)	Z(m)	Type	Profondeur (m)
Ecluse Ivoz-Ramet-PZ1	-	-	227129	142690	69.18	Puits foré	12,13
Ecluse Ivoz-Ramet-PZ2	-	-	227226	142667	70.58	Puits foré	12,4
Ecluse Ivoz-Ramet-PZ3	-	-	227451	142710	68.52	Puits foré	12,43
Ecluse Ivoz-Ramet-PZ4	-	-	227606	142773	70.93	Puits foré	12,24
Ecluse Ivoz-Ramet-PZ5	-	-	227272	142538	65.89	Puits foré	12,27
Ecluse Ivoz-Ramet-PZ6	-	-	227361	142585	70.61	Puits foré	12,42
PZ1-STEP-Grosses Battes	-	-	237650	145530	67	Puits foré	-
PZ3-STEP-Grosses Battes	-	-	237780	145515	67	Puits foré	-
PZ2-STEP-Grosses Battes	-	-	237620	145440	67	Puits foré	-
PZ4-STEP-Grosses Battes	-	-	237690	145410	67	Puits foré	-
P-Stella	4265002	1547	237760	144320	-	Puits foré	8,5
P-Fêcheureux	4921020	11217	234410	138415	90	Puits foré	7
PUITS P1 - Zinacor	4262003	278	237950	144950	67	Puits foré	9,67
PUITS P2 - Zinacor	4262002	6463	237970	145090	67	Puits foré	6,77
Puits Charlemagne	4266004	1460	240530	142340	79,73	Puits foré	238
Puits Astrid	4266007	7928	240650	142230	153,92	Puits foré	396
Puits Graulich	4266008	1767	240624	142360	78,55	Puits foré	300
Puits Philippe	4266025	7347	240710	142223	152	Puits foré	566
Puits Fourmarier	4266001	3311	240170	142443	76	Puits foré	7
Puits P3 - Chaudfontaine	4266011	5196	240571	142622	76	Puits foré	8,8
Puits P8 - Chaudfontaine	4266016	7650	240738	142700	78,4	Puits foré	8,2
Puits P9 - Chaudfontaine	4266015	5501	240766	142740	78,4	Puits foré	8,2
Puits P12 - Chaudfontaine	4266019	5793	240425	142340	78,23	Puits foré	199,15
P-Lux - Rue du centre 64	4266034	12228	240185	141840	-	Puits foré	85
CFR - P1	4253013	4915	231489	145048	70	Puits foré	12
Halage - P1	4254010	2267	227840	143165	63,5	Puits foré	8,5
Halage - P2	4254004	720	227650	143130	63,69	Puits foré	12
Nordifa - P1	4261002	2528	234181	144960	-	Puits foré	12,76
Réservoir d'Hollogne	4251001	7506	228100	147790	120	Réservoir à la sortie de l'aqueduc d'Hollogne (galeries de Hesbaye)	
La Rochette -Puits P1	4266006	5789	241240	142020	-	Puits foré	-
La Rochette -Puits P2	4266022	862	241210	142070	-	Puits foré	-
La Rochette -Puits P3	4266024	5204	241180	142115	-	Puits foré	-
La Rochette -Puits P4	4266021	7042	241160	142115	-	Puits foré	-
La Rochette -Puits P5	4266018	3618	241240	142000	-	Puits foré	-
P-Lacollonge - Grand rue 8	4266032	8825	241932	141768	87	Puits foré	11,2
Mio P1	4265005	8004	238600	144550	70	Puits foré	21

Nom	Code RW	Identifiant RW	X(m)	Y(m)	Z(m)	Type	Profondeur (m)
Mio P2	4265008	6151	238615	144630	70	Puits foré	7,5
Mio P3	4265006	1836	238615	144570	70	Puits foré	7,5
Mio P4	4265010	7428	238600	144600	70	Puits foré	7,5
Mio P5	4265003	3689	238590	144600	70	Puits foré	18
NP 1 - Belle-Île	4261013	6556	236480	145735	-	Puits foré	-
NP 2 - Belle-Île	4261014	385	236486	145731	-	Puits foré	-
NP 3 - Belle-Île	4261015	2535	236494	145725	-	Puits foré	-
Puits P1 - Gravibéton	4254003	6899	226620	142880	70	Puits foré	12,5
P-Viaka	4253045	11182	231460	146070	-	Puits foré	5
Akers-P1	4252016	7444	231260	145450	70	Puits foré	12,14
Puits Nitruration Moderne	4253036	26387	232816	145012	-	Puits foré	5,6
Marichal Ketin - P1	4253010	6752	232820	145310	-	Puits foré	29
Marichal Ketin - P2	4253029	3044	232805	145310	-	Puits foré	11
Marichal Ketin - P3	4253008	5506	232790	145300	-	Puits foré	6,5
Marichal Ketin - P4	4253004	5203	232755	145295	-	Puits foré	6,5
Marichal Ketin - P5	4253011	567	232980	145585	-	Puits foré	7
Marichal Ketin - P6	4253028	872	232975	145585	-	Puits foré	7
Marichal Ketin - P7	4253016	3033	232920	145560	-	Puits foré	7
P-Lavoir rue Grétry 175	4261016	4736	236015	147545	-	Puits foré	6
P-Jardin botanique	4261019	31371	234447	147720	-	Puits foré	15
Canal de Fond Piquette	4266017	1467	239570	144570	-	Galerie	-







**SPW | Éditions, CARTES**

Dépôt légal : D/2016/12.796/1 – ISBN : 978-2-8056-0215-3

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

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