

ELSENBORN – LANGERT DREIHERRENWALD

50/3-4
50A/1

Notice explicative

CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE WALLONIE

Echelle : 1/25 000



Photos couverture © SPW-DGARNE(DGO3)

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 Elsenborn – Langert, Dreiherrrenwald



ELSENBORN – LANGERT DREIHERRENWALD

50/3-4, 50A/1

Mylene **GILSON**, Pierre **BRIERS**, Ingrid **RUTHY**, Alain **DASSARGUES**

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



NOTICE EXPLICATIVE

2017

Première édition : Août 2012
Actualisation partielle : Décembre 2016

Dépôt légal – D/2017/12.796/3 - ISBN : 978-2-8056-0227-6

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

AVANT-PROPOS	3
I. INTRODUCTION	5
II. CADRES GEOGRAPHIQUE, HYDROGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET PEDOLOGIQUE	6
III. CADRE GEOLOGIQUE	12
III.1 CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL	12
III.2 CADRE GEOLOGIQUE DE LA CARTE	13
III.2.1 <i>Cadre litho-stratigraphique</i>	15
III.2.2 <i>Cadre structural</i>	20
IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE	22
IV.1 DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES.....	24
IV.1.1 <i>Unités hydrogéologiques du Cambro- Silurien</i>	24
IV.1.2 <i>Unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur</i>	25
IV.1.3 <i>Unités hydrogéologiques du Mésozoïque et du Cénozoïque</i>	25
IV.2 DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE DE LA CARTE	28
IV.2.1 <i>Massif de Stavelot</i>	29
IV.2.2 <i>Synclinorium de l'Eifel</i>	34
IV.2.3 <i>Coupe hydrogéologique</i>	44
IV.2.4 <i>Caractère des nappes</i>	44
IV.2.5 <i>Piézométrie de la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald</i>	44
V. CADRE HYDROCHIMIQUE	46
V.1 CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX.....	48
V.1.1 <i>Généralités</i>	48
V.1.2 <i>Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur</i>	49
V.1.3 <i>Aquiclude à niveaux aquifères de Villé</i>	51
V.1.4 <i>Aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien</i>	52
V.2 PROBLEMATIQUES DES NITRATES.....	53
V.3 QUALITE BACTERIOLOGIQUE	54
V.4 PESTICIDES	55
VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES	58
VI.1 SOCIETE WALLONNE DES EAUX (SWDE)	59
VI.2 ADMINISTRATION COMMUNALE DE BÜTGENBACH.....	60
VI.3 CAPTAGES PRIVES	62

VII. PARAMETRES D'ECOULEMENT ET DE TRANSPORT	63
VII.1 AQUICLUDE A NIVEAUX AQUIFERES DU DEVONIEN INFERIEUR	65
VII.2 AQUICLUDE A NIVEAUX AQUIFERES DE VILLE	66
VIII. ZONES DE PROTECTION.....	68
VIII.1 CADRE LEGAL	68
VIII.2 ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES DE LA SWDE	70
VIII.3 ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES DE L'ADMINISTRATION COMMUNALE DE BUTGENBACH ..	71
IX. METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE	73
IX.1 ORIGINE DES INFORMATIONS	73
IX.1.1 <i>Données géologiques et connexes</i>	73
IX.1.2 <i>Données météorologiques et hydrologiques</i>	73
IX.1.3 <i>Données hydrogéologiques</i>	74
IX.1.4 <i>Autres données</i>	75
IX.2 BASE DE DONNEES HYDROGEOLOGIQUES	76
IX.3 POSTER DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE	76
IX.3.1 <i>Carte hydrogéologique principale</i>	77
IX.3.2 <i>Cartes thématiques</i>	77
IX.3.3 <i>Coupe hydrogéologique</i>	78
IX.3.4 <i>Tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie'</i>	78
X. BIBLIOGRAPHIE	79
ANNEXE 1: LISTE DES ABREVIATIONS.....	84
ANNEXE 2: TABLE DES ILLUSTRATIONS	86
ANNEXE 3: CARTE DE LOCALISATION	88
ANNEXE 4: COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE.....	89

AVANT-PROPOS

La réalisation de la carte hydrogéologique Elsenborn-Langert & Dreiherrrenwald 50/3-4 & 50A/1 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 GEO³ du département ArGEnCo de l'Université de Liège. La première version de cette carte a été réalisée, en 2012, par Mylene Gilson, Pierre Briers et Ingrid Ruthy. Le projet est supervisé par le professeur Alain Dassargues. L'actualisation de cette carte a été effectuée en 2016 par Ingrid Ruthy.

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 nous ont fourni des données ainsi que la SWDE (service 'Captages') et l'Administration Communale de Bütgenbach. Nous remercions aussi tous les particuliers et industries qui nous ont permis de visiter leur prise d'eau et d'y faire quelques mesures. Merci également à Sylvie Roland (UMons, cellule d'Hydrogéologie).

La carte hydrogéologique et la base de données associée sont basées sur un maximum d'informations géologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques disponibles auprès de divers organismes. Elle a pour objectif d'informer 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. L'actualisation partielle de la carte hydrogéologique 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.

Le poster de la carte hydrogéologique de Wallonie est composé d'une carte principale au 1/25.000 et de deux cartes thématiques (1/50.000): "Volumes d'eau prélevés" et "Informations complémentaires et caractère des nappes". Sur le poster, se retrouvent aussi la coupe hydrogéologique et le tableau litho-stratigraphique.

Les données utilisées pour la réalisation de la carte ont été encodées dans une base de données sous le format «Access - Microsoft» (FileGeoDataBase) qui a été remise à la Direction des Eaux Souterraines (Département de l'Environnement et de l'Eau, DGO3 D GARNE, SPW).

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

I. INTRODUCTION

La région d'Elsenborn-Langert & Dreiherrrenwald se situe en province de Liège, à une soixantaine de kilomètres à l'est de Liège (Figure I.1). Elle est frontalière avec l'Allemagne. La carte hydrogéologique concerne uniquement la partie située sur le territoire belge soit une superficie de l'ordre de 120 km².

Bien que les unités hydrogéologiques de cette région ne constituent pas, à l'échelle de la Wallonie, une ressource majeure en eaux souterraines. A l'échelle locale, elles sont largement exploitées pour l'approvisionnement des habitants de la zone. A côté de la Société Wallonne des Eaux, de l'Administration Communale de Bütgenbach et des Forces armées belges (camp d'Elsenborn), on compte de nombreux petits exploitants de prises d'eau (agriculteurs, particuliers). Les aquifères participent également à l'alimentation des ruisseaux et au soutien du débit d'étiage.



Figure I.1: Localisation de la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrrenwald 50/3-4 & 50A/1

II. CADRES GEOGRAPHIQUE, HYDROGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET PEDOLOGIQUE

Deux territoires paysagers¹ se distinguent sur la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald (Figure II.1). Le Haut plateau des Fagnes, au relief assez plat, est caractérisé par des tourbières hautes et des massifs boisés. La partie septentrionale du Haut plateau de Bütgenbach et Saint-Vith occupe le sud-ouest de la carte. Les prairies y occupent les vallées, les bois sont davantage sur les sommets (Droeven *et al*, 2004).

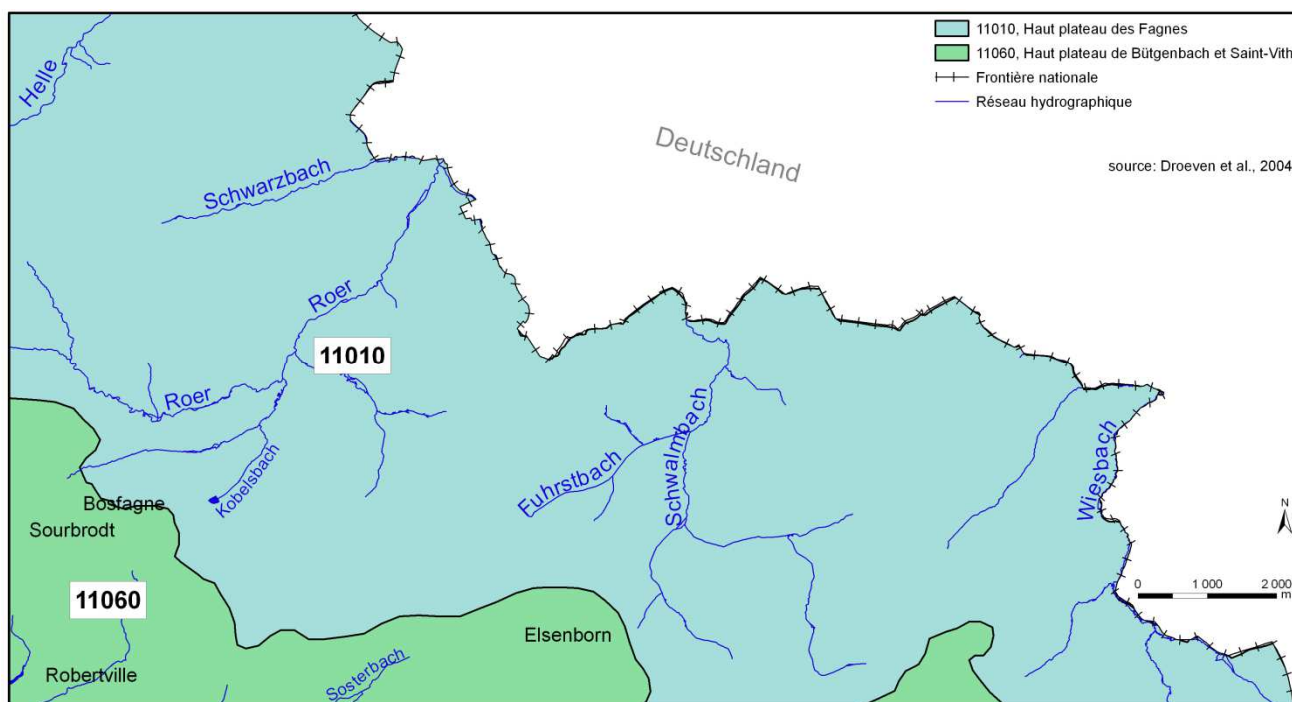


Figure II.1: Territoires paysagers – Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald

La carte étudiée fait partie du bassin hydrographique de la Meuse. Trois sous-bassins s'individualisent (Figure II.2). Au nord-ouest, se trouve le bassin de la Helle, sous-bassin de la Vesdre. Au sud, on observe le bassin de l'Amblève avec les ruisseaux de Quarreux et de Sosterbach, affluents de la Warche. La majorité de la surface de la carte (environ 97 km²) est occupée par le bassin de la Roer. Cette rivière prend sa source sur le plateau des Hautes Fagnes à 610 mètres d'altitude à proximité du Signal de Botrange (commune de Waimes) et coule en Allemagne et aux Pays-Bas où elle rejoint la Meuse à Roermond. Sur le plateau des Hautes Fagnes, la plantation d'épicéas (espèces introduites en Belgique en 1843), végétaux demandant un terrain non gorgé d'eau, a conduit au creusement de nombreux drains, densifiant le réseau hydrographique naturel.

¹ 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 XI (Droeven *et al.*, 2004).

Il pleut, en moyenne, 170 jours par an sur le plateau des Hautes Fagnes (nombre de jours où la lame d'eau précipitée est supérieure à 1 mm). Avec 1440 mm de lame d'eau précipitée par an, cette région est la plus arrosée de Belgique. En moyenne, on compte 52 jours de neige annuellement (Mormal et Tricot, 2004)

Topographiquement, les points culminants de la zone étudiée sont situés sur l'interfluve Helle-Roer, avec une altitude voisine de 640-660 m (Figure II.2). Le point bas de la région est situé dans la vallée de la Wiesbach (≈ 485 m), à proximité de la frontière allemande.

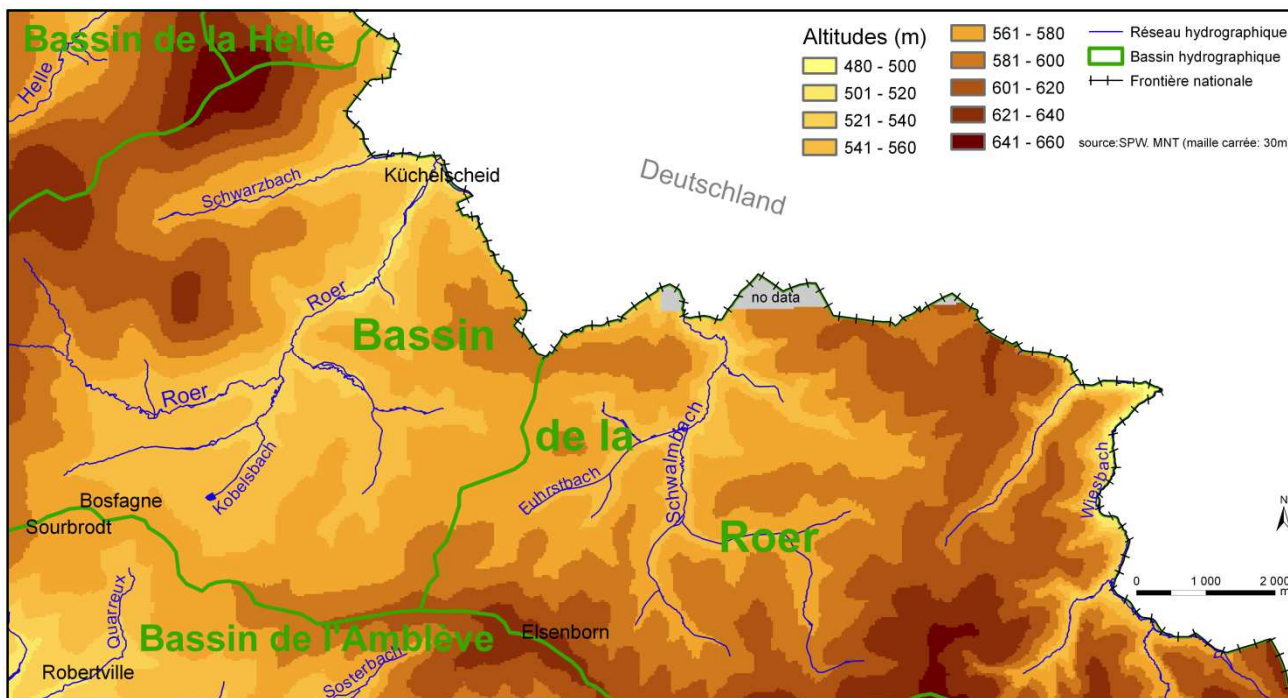


Figure II.2: Cadres topographique et hydrologique - 50/3-4 & 50A/1

Les données sur l'occupation du sol de la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald sont issues de la carte numérique de l'occupation du sol de Wallonie (septembre 2007). Les figures II.3 & II.4 présentent, respectivement, la répartition des classes de niveau 1 et la carte d'occupation du sol de la région étudiée.

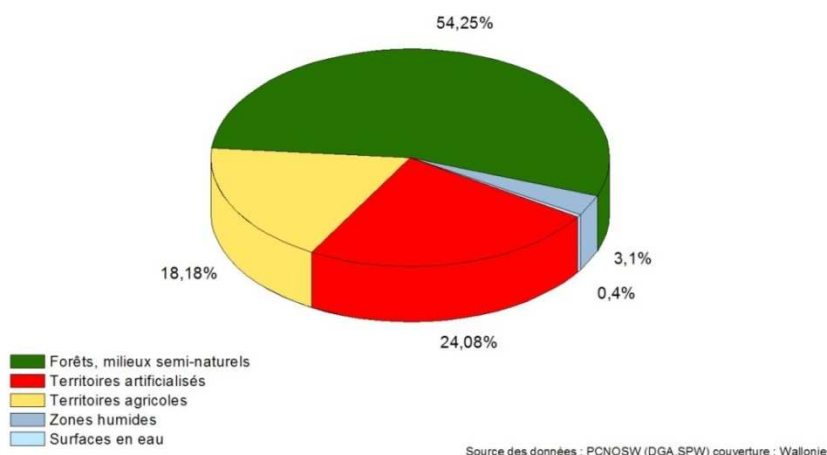


Figure II.3: Répartition de l'occupation du sol de la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald

Les espaces non artificialisés couvrent les trois-quarts de la région. Plus de la moitié de la carte correspond à des territoires occupés par des forêts ou des espaces semi-naturels. Elles ont notamment été plantées suite à l'essai de valorisation des territoires par la sylviculture au début du XIX^e siècle. L'installation de forges et l'expansion des villages au Moyen Âge avaient déjà concouru au déclin des forêts feuillues. Néanmoins, de nombreux projets (tels que les projets LIFE notamment) visent à la réhabilitation du paysage des Fagnes par la suppression des drains et le déboisement de certaines parcelles afin de permettre à la végétation typique (la molinie par exemple) de pouvoir recoloniser ces espaces. Au tableau II.1 est indiquée la répartition des types de couvertures forestières présentes sur la carte 50/3-4 & 50A/1.

Les terres agricoles couvrent un cinquième de la zone étudiée. Ces espaces sont principalement constitués de prairies puisque la principale fonction agricole est la production laitière. Les terres vouées aux cultures représentent 2 % des espaces agricoles (c'est-à-dire moins de 1 % de la superficie totale de la zone).

Tableau II.1: Répartition détaillée de l'occupation du sol au sein de la catégorie "Forêts et milieux semi - naturels" – 50/3-4 & 50A/1

	<u>Rapport entre l'occupation spécifiée et la catégorie Forêt et milieux semi-naturels (%)</u>	<u>Rapport entre la catégorie spécifiée et la surface totale (%)</u>
Forêts de conifères	59,69	32,41
Forêts (type non spécifié)	31,93	17,34
Forêts de feuillus	0,33	0,18
Terres vaines et vagues	7,99	4,34
Pelouses et pâturages naturels	0,06	0,03
Landes et broussailles	0,01	0,01

Près d'un quart de la superficie de la carte étudiée est occupé par des espaces artificialisés (urbanisés). Cependant, cette valeur importante est liée au camp militaire d'Elsenborn d'une superficie de 23 km² intégré dans cette catégorie alors que celui-ci est principalement constitué d'espaces naturels.

Finalement, les espaces humides, principalement des zones tourbeuses, couvrent 3 % de la zone et le reste de la carte, moins de 1 % de la superficie, est classé en surfaces en eau.

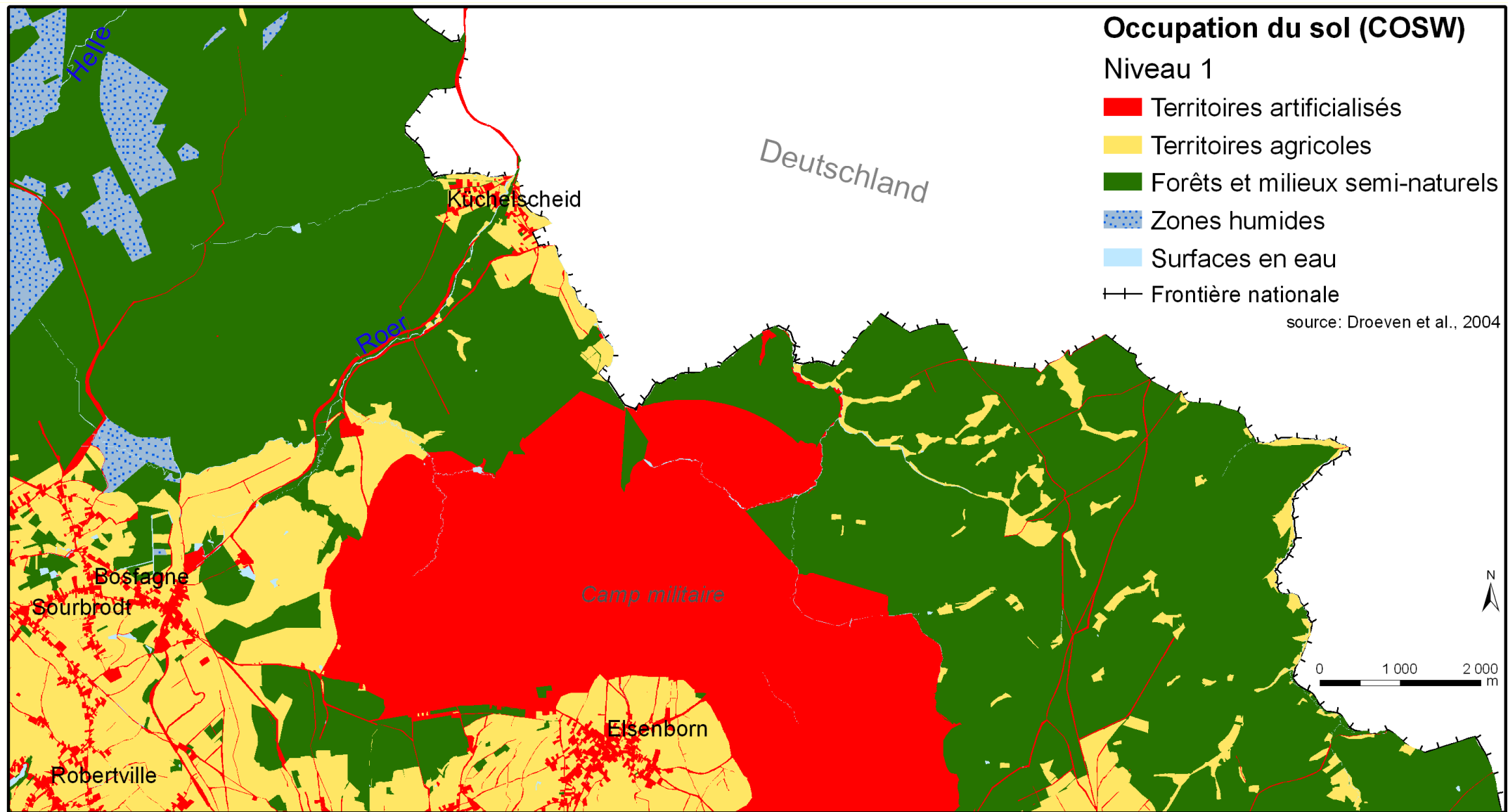


Figure II.4: Occupation du sol – Carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald

Les principaux types de sols présents sur la carte sont repris dans le tableau II.2 et à la figure II.5. Les données sont extraites de la Carte Numérique des Sols de Wallonie². Sur la carte des sols, deux zones contrastées se distinguent. Dans la partie septentrionale, les terrains présentent un drainage naturel de qualité médiocre. Sur le reste de la carte, environ les deux tiers, le drainage naturel du sol est meilleur (favorable). La majorité des sols sont limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou schisto-phylladeuse. Cette charge est en lien direct avec le substratum rocheux. Quelques sols sont qualifiés de peu caillouteux. Le pourcentage élevé de la classe "sol artificiel ou non cartographié" (10 %) est principalement lié à la présence du camp militaire d'Elsenborn (accès limité). Les zones tourbeuses qui caractérisent notamment la région sont localisées dans le nord-ouest de la carte, entre les cotes d'altitude de 550 et 600 mètres. Une tourbière est une zone humide où l'eau stagnante ou très peu mobile constitue un milieu anaérobique ne permettant pas aux micro-organismes de décomposer la matière organique. Vu que la litière végétale se déminéralise très lentement et partiellement, elle s'accumule et ce dépôt forme la tourbe. Outre des conditions climatiques particulières (précipitations abondantes et températures clémentes), la topographie (plateau avec légères dépressions locales où l'eau pourra s'accumuler) et la nature du substrat géologique (faible perméabilité) sont des facteurs qui conditionnent la formation de la tourbe.

Tableau II.2: Répartition des différents types de sol - Carte 50/3-4 & 50A/1

<u>Principaux Types de Sol</u> (avec code CNSW)	<u>Couverture du sol</u> (%)
Sols limono-caillouteux à charge schisto-phylladeuse et à drainage naturel quasi-exclusivement favorable (7110)	52,6
Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel favorable (7210)	13,8
Sols artificiels ou non cartographiés (30000)	10,4
Sols tourbeux ou tourbières (1000)	9
Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel modéré à assez pauvre (7220)	6,2
Sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel principalement modéré à assez pauvre (6020)	3,3
Regroupement de complexes de sols de textures différentes ou sur fortes pentes et de sols de fonds de vallons limoneux ou rocailleux (10000)	3
Sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel favorable (6010)	1,6
Sols limono-caillouteux à charge de silixite ³ ou de gravier ou de conglomérat et à drainage naturel principalement favorable (7610)	0,01
Sols sableux ou limono-sableux à drainage naturel principalement modéré ou imparfait (2020)	0,005

² Pour plus d'informations, consulter <http://cartopro3.valid.wallonie.be/CIGALE/>

³ Silixite : terme ambigu désignant à la fois des cherts, faisant corps avec la roche calcaire qui les contient (dans le Condroz notamment), sables, sables indurés, argile plastique, cailloux calcaires ou d'un mélange des charges citées (Légende de la Carte Numérique des Sols de Wallonie, 2007)

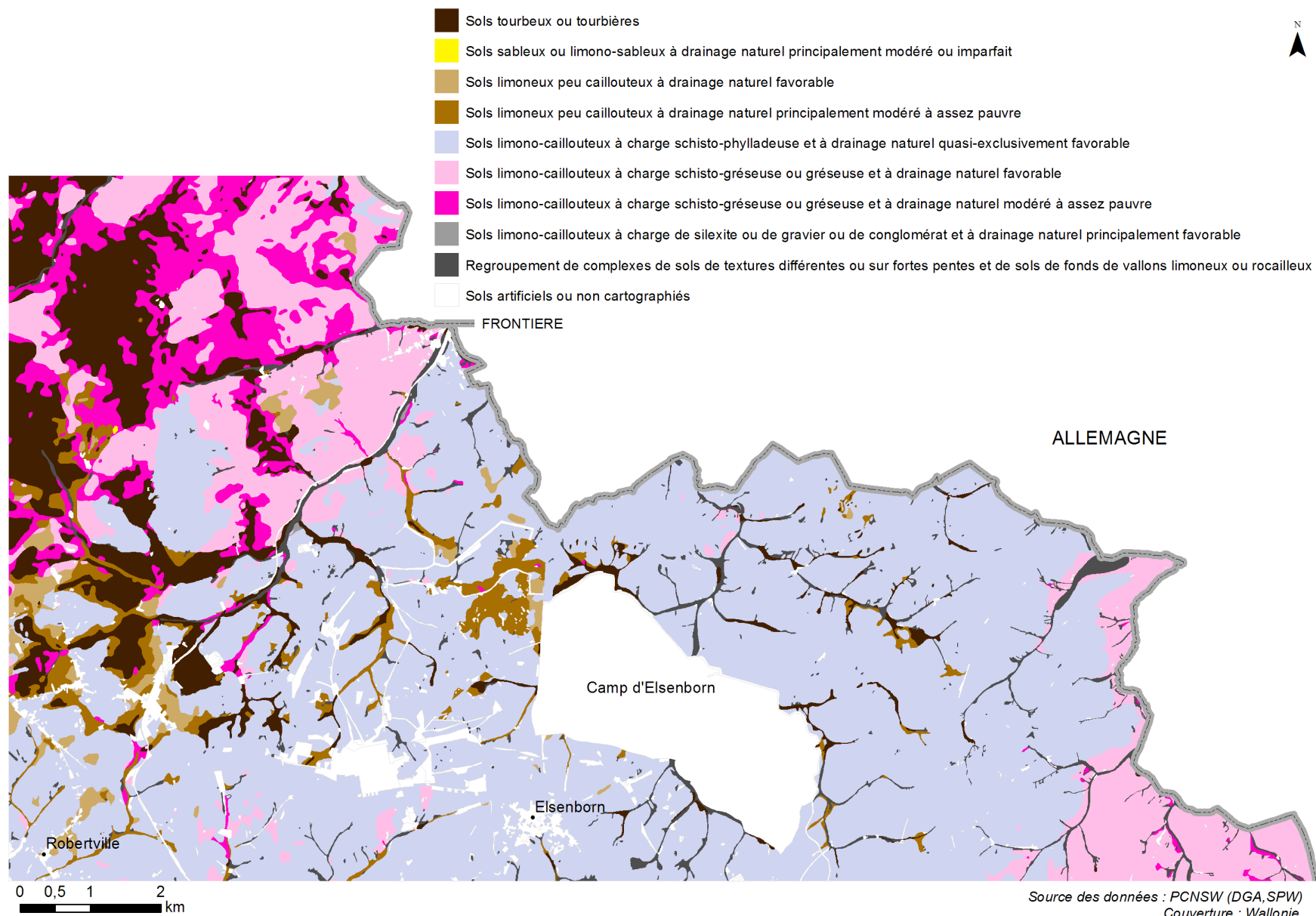


Figure II.5: Répartition des différents types de sol – Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald

III. CADRE GEOLOGIQUE

III.1 CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL

La région de Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald se situe dans la partie orientale de l'Allochtonne ardennaise (Figure III.1). L'axe de l'Anticlinorium de l'Ardenne (Dévonien inférieur) est matérialisé par l'affleurement des massifs calédoniens de Rocroi, de Serpont et de Stavelot. Ceux-ci séparent le Synclinorium de Neufchâteau-Eifel, au sud, du Synclinorium de Dinant, au nord. Au Permien (cycle alpin), un poudingue d'origine fluviatile s'est déposé dans le Graben de Malmédy, fossé d'effondrement dont l'ouverture serait liée à un mouvement de décrochement tardi-varisque (Boulvain & Pingot, 2011). Ce dépôt est en discordance sur les roches cambro-ordoviciennes du Massif de Stavelot. De nombreuses failles ont été reconnues dans cette région.

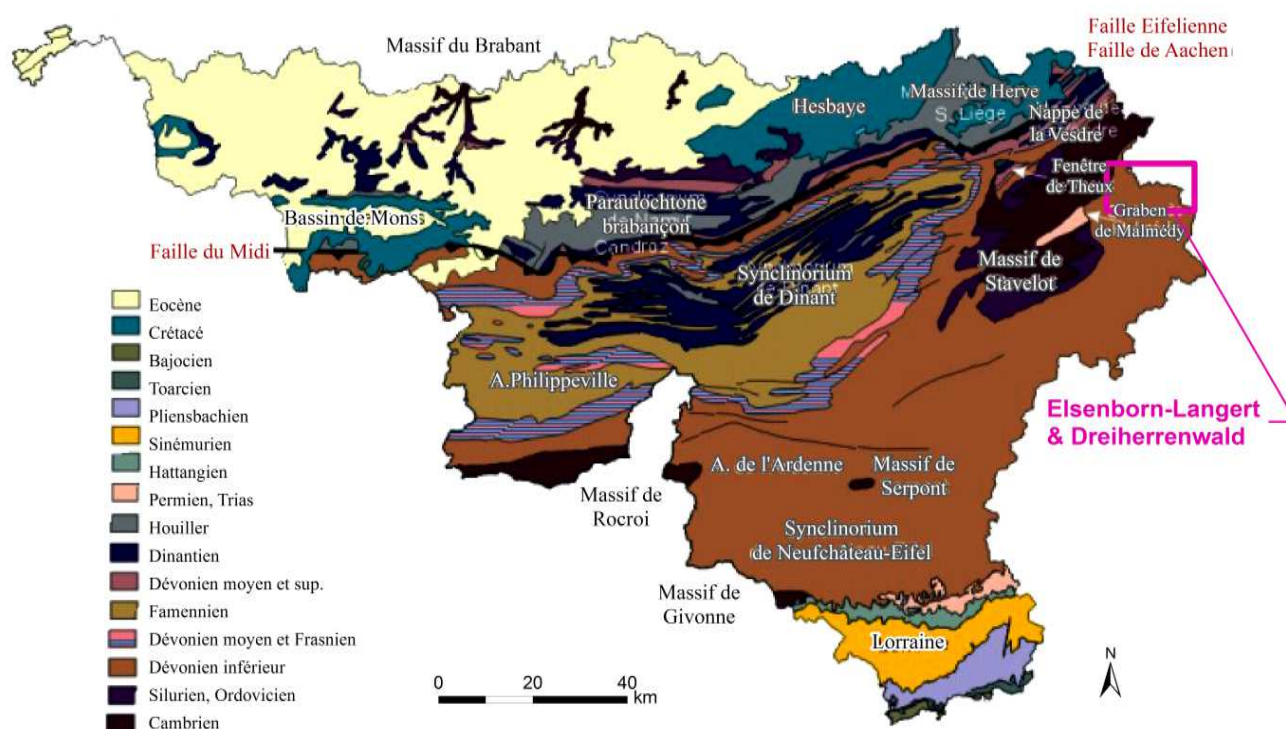


Figure III.1: Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2011; modifié)

III.2 CADRE GEOLOGIQUE DE LA CARTE

La carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald expose les formations datant du Cambrien au Dévonien inférieur, marquées par une lacune stratigraphique au Silurien. Quelques traces de dépôts pouvant dater du Crétacé ont été observées dans la partie nord-ouest de la carte. Les dépôts cénozoïques sont présents sous forme de colluvions sur les versants et à leur pied, d'alluvions modernes des fonds de vallées et de limons quaternaires.

A défaut de carte géologique récente au 1/25.000 (édition SPW) et à défaut de carte géologique ancienne au 1/40.000 (édition SGB) couvrant la zone occupée par la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald, le fond géologique utilisé est la combinaison de deux cartes géologiques régionales (Figure III.2):

- Cambro-ordovicien: carte géologique révisée du Massif de Stavelot (Geukens, 1999) au 1/115.000 (approximativement);
- Dévonien inférieur: carte géologique du Synclinorium de l'Eifel (Vandenvén, 1990) au 1/100.000.

Vu l'échelle régionale de ces cartes géologiques, il convient d'être prudent lors de la lecture de la carte hydrogéologique principale, dressée au 1/25.000.

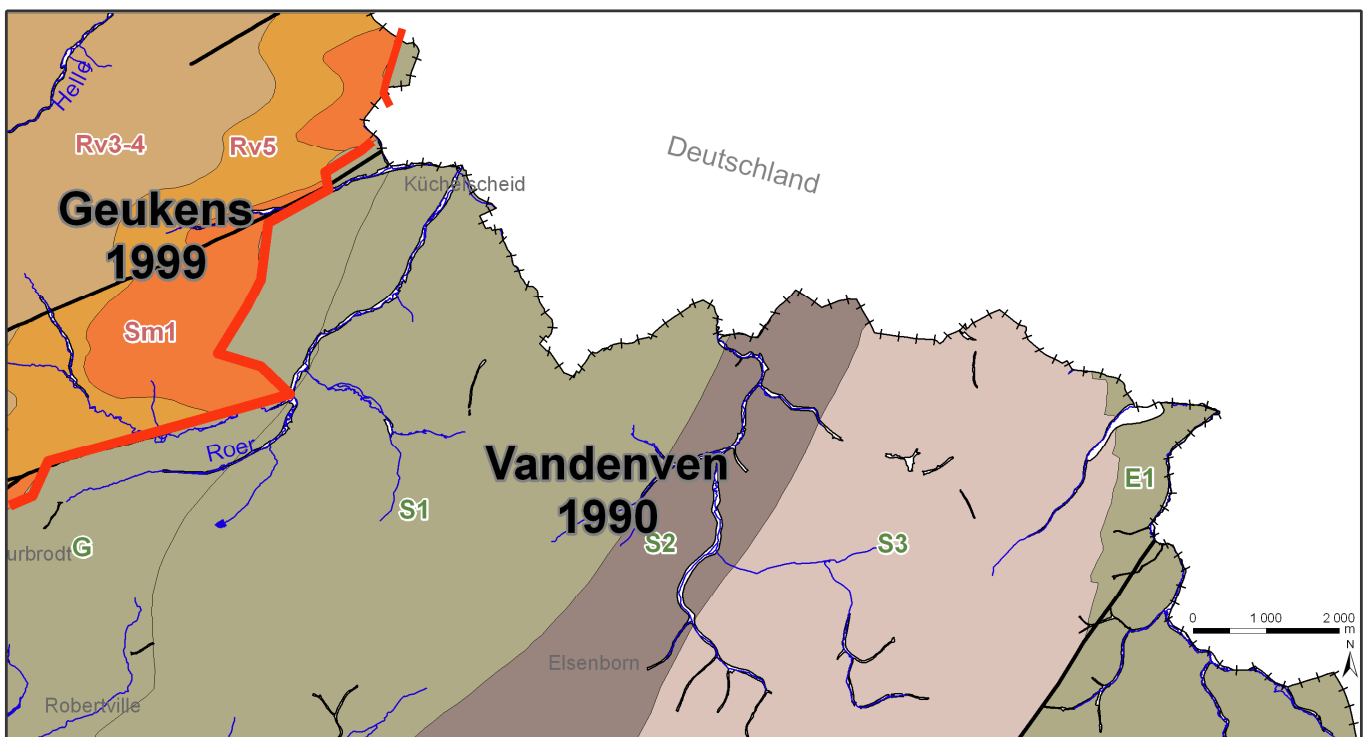


Figure III.2 Fonds géologiques utilisés par la carte hydrogéologique 50/3-4 & 50A/1

La description lithologique et structurale des formations fait référence

- pour le Cambrien et l'Ordovicien, aux travaux de Geukens sur le Massif de Stavelot (1986, 1999);
- pour le Dévonien, aux textes explicatifs sur le Synclinorium de l'Eifel (Vandenvin, 1990) et sur l'Eodévonien de l'Ardenne et des régions voisines (Asselberghs, 1946);
- pour le Méso-Cénozoïque, aux textes explicatifs des cartes géologiques Harzé-La Gleize (Asselberghs & Geukens, 1959), Stavelot-Malmedy (Geukens, 1963).

Certains termes, anciens et locaux, ne sont plus très usités dans la terminologie actuelle (Dejonghe, 2007).

Psammite: mot utilisé jadis en Belgique pour désigner des grès micacés largement employés en construction. La forte proportion de paillettes de micas, disposées en lits parallèles, leur confère une aptitude à se débiter en feuillets.

Schiste: roche argileuse de la classe des lutites⁴, consolidée, ayant pris une schistosité. Notons que le mot schiste a souvent été employé en français dans le sens de shale ; c'est le cas pour la carte Alleur-Liège. Les roches pélitiques affectées d'un feuillage parallèle à la stratification, comme la plupart des pélites du Houiller, sont des shales.

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

III.2.1 Cadre litho-stratigraphique

III.2.1.1 Formations du Paléozoïque

Les roches du Massif de Stavelot affleurant sur la carte Reinartzhof – Hoscheit datent du Cambrien supérieur et de l'Ordovicien inférieur. Toutes les séries du Paléozoïque inférieur, typiques du Massif de Stavelot, ne sont pas représentées (Figure III.3).

A défaut de données précises sur l'épaisseur des formations géologiques au droit de la carte étudiée, les informations relatives à la puissance des terrains sont tirées de l'ouvrage de référence sur la nouvelle échelle stratigraphique de la Belgique (Bultynck & Dejonghe, 2001).

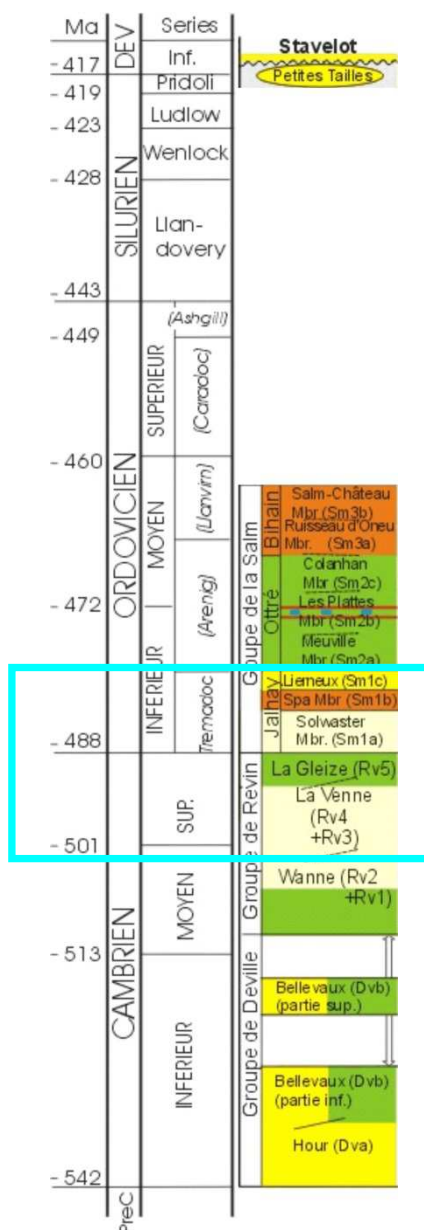


Figure III.3: Position stratigraphique des unités lithologiques du Paléozoïque inférieur du Massif de Stavelot (Vernier et al, 2001; modifié)

III.2.1.1.1 Cambrien

Revinien

Le Revinien est le seul représentant du Cambrien. L'ensemble de l'étage n'est pas représenté. Seuls les Rv 3-4 (Formation de La Venne) et Rv 5 (Formation de La Gleize) affleurent dans la partie nord-ouest de la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrnwald:

- Rv 3-4 (Formation de La Venne) est caractérisée par une alternance de phyllades noirs et de quartzites foncés. Les quartzites sont parfois très schisteux et micacés. Les quartzites gris-bleu sont présents en bancs très épais. La partie inférieure est caractérisée par une sédimentation rythmique (grès grossiers – fin, phyllades), par des quartzites bleus bien stratifiés et par des bancs psammitiques. Epaisseur: 500 m.
- Rv 5 (Formation de La Gleize) est, comparée aux autres assises du Revinien, constituée de roches moins résistantes. Lorsque l'assise est bien développée, elle comprend une partie supérieure constituée de phyllades noirâtres contenant parfois des nodules dolomitiques, une partie médiane où les quartzophyllades prédominent sur les phyllades et une partie inférieure plus phylladeuse passant vers le bas à des roches quartzophylladeuses et présentant des intrusions acides et des coulées de lave. Epaisseur: 300 m.

III.2.1.1.2 Ordovicien

Salmien

Les sédiments de l'Ordovicien du Massif de Stavelot forment l'étage Salmien dont la puissance est supérieure à 1 kilomètre. Le Salmien est divisé en trois formations dont seul le Sm 1 (Formation de Jalhay) affleure sur cette carte (nord-ouest). Le Salmien inférieur est caractérisé par une couleur bleu-noir ou verdâtre et est essentiellement constitué de quartzophyllades, de quartzophyllades gréseux, de bancs gréseux et de phyllades. Epaisseur: > 400 m.

III.2.1.1.3 Dévonien

La majorité de la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrnwald expose les roches du Dévonien inférieur appartenant au Synclinorium de Neufchâteau-Eifel. Seule cette série, avec ses trois étages, représente le Dévonien.

Gedinnien (Lochkovien)

Le Gedinnien repose en discordance angulaire sur les couches plissées du Salmien. Sur cette carte, la base de cet étage est constituée de lentilles de poudingue dont l'épaisseur dépasse rarement 30 cm. D'épaisses couches de grès grenus, blanc ou vert clair, succèdent à ce poudingue. Cette série est constituée de couches souvent épaisses de plus de 50 cm séparées les

unes des autres par de minces strates de schistes habituellement vert clair. Des intercalations de schistes violacés sont également présentes très localement (héritage probable d'un apport massif de matériaux argileux issus d'une érosion de couches salmiennes rouges). Des matériaux argilo-sableux succèdent à ces grès. Des couches de grès plus argileux alternent avec des faciès silteux et des schistes. Ce niveau est caractérisé par des couleurs rouges et vertes. Des dissolutions de concrétions argilo-carbonatées donnent à la roche un aspect celluleux. Ces terrains affleurent peu sur la carte étudiée (zone sud-ouest). Estimation de l'épaisseur de cette assise: 160-170 m.

Siegenien (Praquien)

La limite entre le Gedinnien et le Siegenien est difficile à localiser avec précision, la transition lithologique est progressive. Il n'existe pas de critère permettant de fixer une limite claire. Cet étage est divisé en trois assises:

- S1, représenté par le faciès d'Anlier dans cette partie du Massif de Stavelot, présente un faciès schisteux en alternance avec des quartzites et des phyllades. De nombreuses couches de grès sont présentes et sont mieux développées vers le sommet de la formation. Cette formation présente également quelques couches de quartzophyllades;
- S2, représenté par le faciès de Longlier dans cette partie du Massif de Stavelot, est de manière générale caractérisé par des quartzophyllades abondants souvent gréseux, des phyllades d'épaisseur inférieure à 10 mètres, des quartzites grossiers micacés présents en bancs isolés ou en paquets de 2 à 8 mètres d'épaisseur et souvent chargés en pyrite, des quartzites et des schistes quartzeux. Les bancs fossilifères sont nombreux et très calcaires. En bordure orientale du Massif de Stavelot et plus particulièrement dans la région de Bütgenbach, le caractère schisteux de l'assise augmente. Le faciès présente une alternance de quartzophyllades souvent à éléments schisteux dominants, de schistes phylladeux, de quartzites et de grès quartzophylladeux. Le faciès présente également dans cette région une réduction notable des bancs fossilifères;
- S3, représenté par le faciès de Saint-Vith dans cette partie du Massif de Stavelot, présente des schistes silteux compacts, des phyllades bleu noir avec de rares couches de grès et de nombreux cubes de pyrite.

Emsien

L'Emsien, dernier étage de l'Eodévonien, est constitué de trois assises dont seulement l'Inférieure (E1) affleure sur cette carte. Elle est caractérisée par une série schisto-phylladeuse gris noir présentant des lits silteux. Des couches de grès parfois micacés d'épaisseur métrique sont interstratifiées dans cette série. L'épaisseur de l'Emsien est estimée à 75 m.

III.2.1.2 Formations du Mésozoïque et du Cénozoïque

Excepté les alluvions modernes, les terrains de couverture (Méso- et Cénozoïque) ne sont pas cartographiés sur la carte hydrogéologique Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald. Ces dépôts, nature et âge confondus, sont présents sur l'ensemble du territoire de la carte. Leur épaisseur peut être très variable (quelques décimètres à quelques mètres). Geukens (1999) a esquissé une cartographie de ces dépôts sur le Massif de Stavelot, sous l'appellation "Formations non plissées: Crétacé (Sx) - Tertiaire (T) – Quaternaire" (Figure III.4).

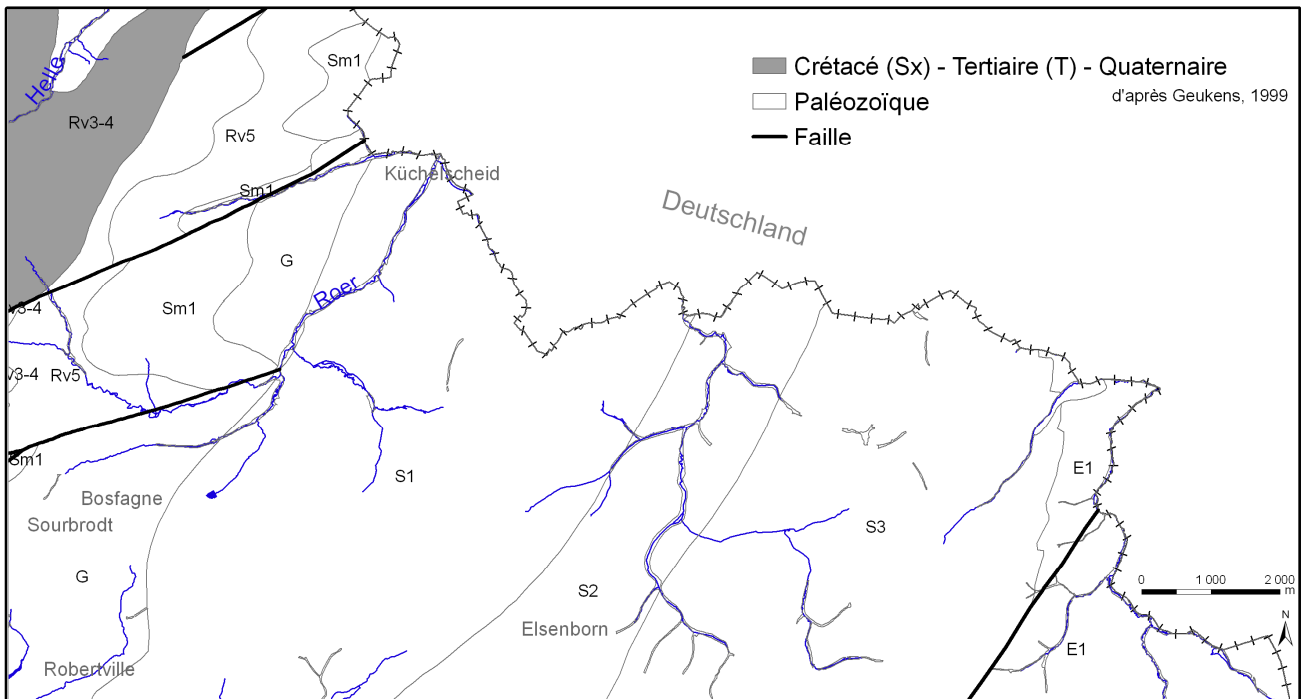


Figure III.4: Répartition des terrains meubles de couverture (Geukens, 1999)

III.2.1.2.1 Crétacé

Ce système est très peu présent sur la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald. Quelques petits lambeaux épars sont observés. Il s'agit de dépôts d'argile à silex dont l'épaisseur varie entre 2 et 6 mètres (Asselberghs & Geukens, 1959). Ces dépôts résiduels crayeux sont essentiellement localisés sur les hauts plateaux. La carte des sols mentionne très peu de sols à charge de silexite (0,01 % de la superficie de la carte)(voir Tableau II.2 et Figure II.5).

III.2.1.2.2 Oligocène

Quelques dépôts sableux, vestiges de la transgression oligocène, sont localisés principalement sur les sommets (Demoulin, 1987; 1989). Leur extension reste imprécise.

III.2.1.2.3 Quaternaire

Recouvrant les formations du Paléozoïque, les loess, alluvions modernes, tourbes et accumulations d'origines diverses (éboulis, colluvium, coulées de solifluxion...) font partie des dépôts quaternaires observés sur la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrnwald. Leur épaisseur est variable, moins importante, sur les pentes raides par rapport aux pentes douces et aux plateaux. Ces dépôts sont en général présents sur toute la superficie de la carte. Le manteau d'altération est assez continu, rendant difficile, le tracé de l'allure probable des terrains sous-jacents.

Sur le Massif de Stavelot, des accumulations pierreuses sont souvent observées. L'origine de ces dépôts formés de blocs et de débris de roches est encore mal connue (Pissart, 1995).

La région est aussi marquée par la présence de tourbières. Les hauts plateaux de l'Ardenne sont caractérisés par les tourbières hautes à sphaignes.

Les alluvions des fonds de vallées sont constituées de limon et sable, ainsi que des galets et cailloux (Holocène). Leur épaisseur est assez faible. Cependant ces dépôts ne figurent pas sur la carte géologique de Geukens (1999). Ils ont donc été digitalisés sur base de la carte numérique des sols de Wallonie (« terrains non différenciés - ravins ou fonds de vallée rocailleux ou fonds de vallée limoneux »)(CNSW, 2008).

III.2.2 Cadre structural

Le cadre structural de la région d'Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald est relativement complexe. Deux mouvements tectoniques majeurs ont affecté cette zone : l'orogénèse calédonienne et l'orogénèse varisque (ou hercynienne). Il en résulte de nombreuses failles (failles de charriage, failles normales, failles subverticales). Seules les failles principales sont cartographiées sur les documents géologiques à notre disposition. Il faut également garder à l'esprit qu'une ligne de faille figurée sur la carte peut être en réalité, non pas une cassure unique, mais une zone faillée.

Deux structures tectoniques sont observées sur cette carte (Figure III.5):

- le Massif de Stavelot correspond à l'axe de pli de l'Anticlinorium de l'Ardenne;
- le Synclinorium de l'Eifel, équivalent oriental du Synclinorium de Neufchâteau. Il est associé à l'Anticlinorium de l'Ardenne.

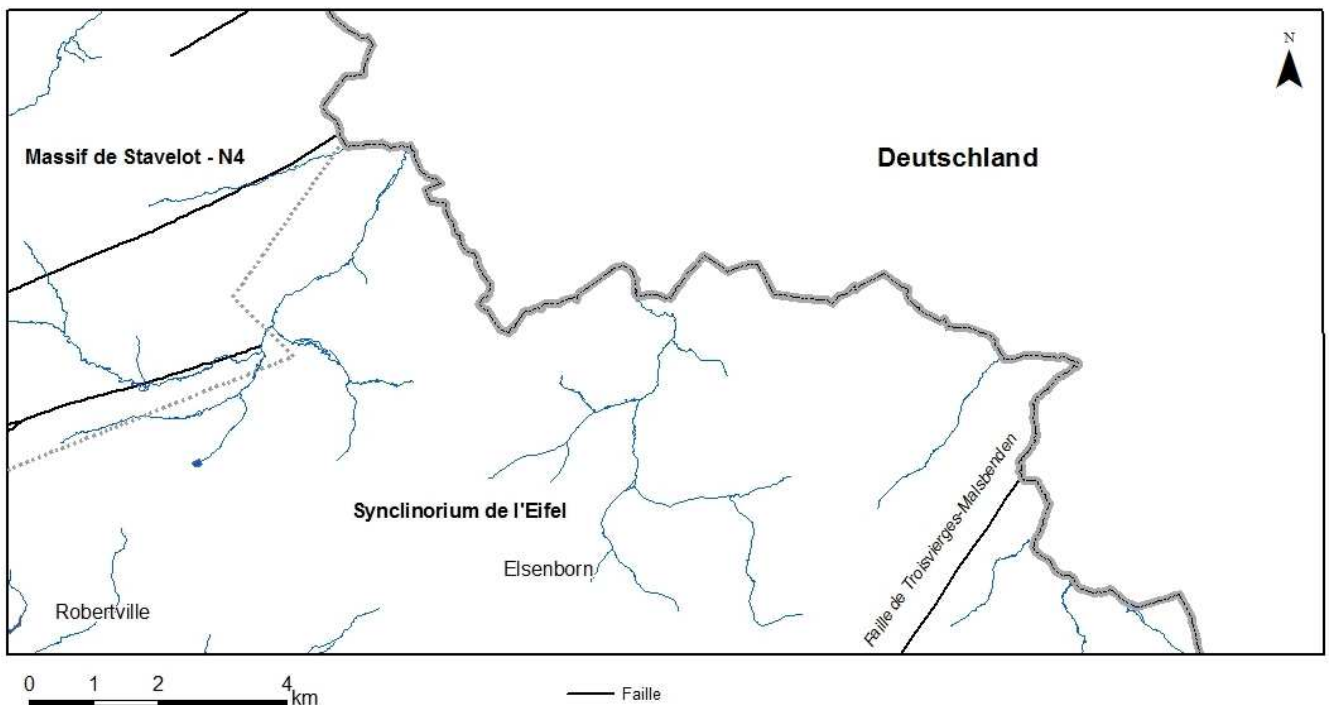


Figure III.5: Cadre structural de la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald

Geukens (1986) a distingué dans le Massif de Stavelot plusieurs nappes de charriage. Le Cambrien moyen est déplacé vers le nord sur les formations plus jeunes. La structure tectonique du Massif de Stavelot est différente de part et d'autre de la faille de Xhoris qui sépare les nappes N1, N2, N3 (au sud) des nappes N4, M5 (au nord). La carte étudiée est située en partie dans la nappe N4 (terrain allochtone). Cette nappe est limitée au nord par la faille de Theux.

La partie située au nord de la faille de Xhoris (nappes N4 et M5) est caractérisée par de grands plis synclinaux facilement reproductibles. Cependant, dans le détail, la structure est plus difficilement déchiffrable, surtout dans le Revinien moyen (les plis et les failles sont nombreux, mais n'ont pas été cartographiés). L'engorgement des plis est caractérisé par une direction N40°E (direction

varisque). Trois failles transversales de direction NE-SW recourent le Massif de Stavelot sur la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrnwald.

A l'est du Massif de Stavelot se trouve le flanc nord du Bassin de l'Eifel. Le Gedinnien du Synclinorium de l'Eifel repose en discordance angulaire sur les couches cambro-ordoviennes du Massif de Stavelot. Bien qu'incluant des plissements internes, l'Éodévonien semble présenter un aspect monoclinale à pendage sud-est. La faille de chevauchement Trosvierges-Malsbenden, importante d'un point de vue régional, recoupe la partie orientale de la carte.

Les failles et axes de fracturation jouent un rôle important dans l'hydrogéologie régionale puisqu'elles correspondent, en fonction du remplissage, soit à des zones d'écoulement préférentiel des eaux souterraines, soit à des zones peu perméables (formant des écrans ou des seuils hydrogéologiques).

IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE

A l'échelle de la Wallonie, les ressources en eau souterraine de la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald ne constituent pas une réserve régionalement importante, à côté des aquifères calcaires du Carbonifère et des aquifères crayeux du Crétacé (Figure IV.1). Les ressources en eau souterraine de la région étudiée sont essentiellement localisées dans les terrains du Cambro-ordovicien du Massif de Stavelot.

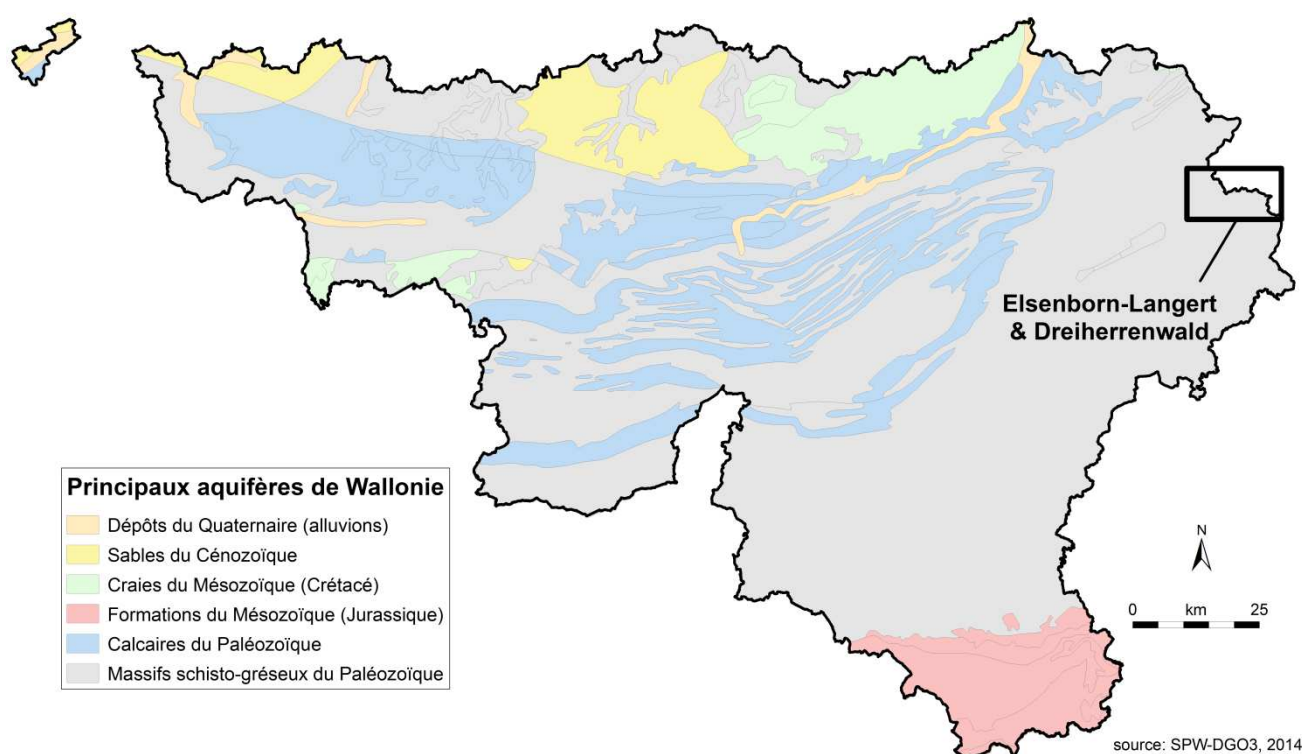


Figure IV.1: Principaux aquifères de Wallonie – Carte de Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald (SPW-DGO3, 2014; modifié)

Plusieurs unités hydrogéologiques, dans le socle paléozoïque, ont été définies pour la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald. Bien que non cartographiées, les unités du Méso-Cénozoïque seront aussi abordées. Les ressources en eau souterraine de la région étudiée sont essentiellement localisées dans les terrains du Dévonien inférieur. Plusieurs sites de captages destinés à la distribution publique d'eau potable sont recensés (Administration Communale de Bütgenbach, SWDE). Les eaux souterraines sont également sollicitées par des exploitants privés (particuliers, agriculteurs, sociétés) ou encore par le camp militaire d'Elsenborn. On compte, sur cette carte, autant de prises d'eau par gravité que par pompage.

Les formations géologiques sont regroupées en fonction de leurs caractéristiques hydrodynamiques. Trois termes sont utilisés pour décrire les unités hydrogéologiques, selon le caractère plus ou moins perméable des formations (Pfannkuch, 1990; UNESCO-OMM, 1992) :

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

Ces définitions assez subjectives sont à manipuler avec précautions. Elles sont utilisées ici afin de renseigner, à une échelle régionale, le caractère globalement perméable, semi-perméable ou imperméable d'un ensemble de couches géologiques. Elles donnent une idée du potentiel économique que représentent les différentes unités hydrogéologiques en termes d'exploitation. Elles se basent sur la description lithologique de ces unités (formations ou ensembles de formations). Certaines formations géologiques voient leur faciès changer latéralement, il est donc possible qu'une même formation soit définie en terme d'aquifère sur une carte et en terme d'aquitard sur une autre carte (raisonnement par carte).

IV.1 DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES

Les unités hydrogéologiques définies sur la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald 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 Cambro- Silurien⁵

Les unités hydrogéologiques du socle cambro-silurien de la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald appartiennent toutes au Massif de Stavelot. Trois unités sont distinguées.

IV.1.1.1 Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien

Cette unité hydrogéologique couvre 9 % de la superficie de la carte Elsenborn-Langert. Elle est constituée de la Formation de la Venne-Coo (Rv3-4) caractérisée par une lithologie hétérogène (schistes et quartzites). Les bancs de quartzites, surtout lorsqu'ils sont faillés, facilitent l'écoulement de l'eau par rapport aux horizons phylladeux nettement moins perméables. Les couches quartzitiques constituent donc des niveaux aquifères dans cette masse globalement aquiclude.

IV.1.1.2 Aquiclude à niveaux aquitards du socle cambro-silurien

Affleurant en divers endroits, la Formation de la Gleize (Rv5) couvre environ 6 % de la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald. Cette formation géologique regroupe une succession verticale de couches de phyllades purs ou bien mélangés avec des quartzophyllades. Puisque les phyllades sont le principal constituant de cette formation, la caractéristique hydrodynamique globale de cette unité est peu favorable à l'écoulement. Les quartzophyllades fracturés, facilitant le mouvement de l'eau, constituent des niveaux aquitards.

IV.1.1.3 Aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien

Le Salmien inférieur (Sm1), unique formation géologique de cette unité hydrogéologique, est composé de quartzophyllades, de grès ou d'un mélange des deux. Les quartzophyllades, lithologie dominante de cette formation, constituent un environnement moyennement perméable à l'eau. Cependant, les bancs gréseux peuvent constituer des couches préférentielles d'écoulement. La potentialité globale de cette unité hydrogéologique doit être modérée suite à sa faible étendue sur cette carte. Elle couvre environ 5 % de la superficie totale de la zone étudiée.

⁵ Le terme générique 'Cambro-Silurien' est utilisé même si, dans le cas de cette carte, les formations du Silurien sont absentes.

IV.1.2 Unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur

IV.1.2.1 Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Composée essentiellement de roches argileuses (schistes, phyllades), cette unité hydrogéologique est globalement caractérisée comme aquiclude. Les niveaux de quartzites, de grès et des grès micacés (psammites) peuvent constituer des horizons aquifères localement exploitables. Les horizons conglomératiques renferment également des nappes exploitables. Dans les terrains schisteux, le remplissage des failles généralement argileux leur confère un rôle d'écran peu perméable ou de seuil hydrogéologique, réduisant la circulation des eaux souterraines. Sur la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald, les assises regroupées sous le terme "Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur" appartiennent au Gedinnien (G), au Siegenien (S1) et à l'Emsien (E1). Cette unité hydrogéologique occupe le centre et l'est de la carte et couvre environ 47 % de sa superficie.

IV.1.2.2 Aquiclude à niveaux aquifères de Villé

Le Siegenien moyen (S2) est composé de quartzophyllades, de schistes mais son trait distinctif est la présence de bancs calcaireux qui le distinguent des autres formations du Dévonien inférieur. Cette caractéristique peut s'observer dans le faciès légèrement calcaireux de ces eaux. Ainsi, cette assise géologique n'est pas intégrée à la précédente (Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur). Elle couvre environ 10 % de la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald, sur une bande orientée NE-SW et large de 3 à 4 km.

IV.1.2.3 Aquiclude du Dévonien inférieur

Le Praguien supérieur (S3), constitué d'une prédominance de schistes avec quelques rares couches de grès, est un environnement peu perméable à l'eau. Il a donc été défini comme aquiclude. Il occupe la partie orientale de la carte (environ 20 % de la superficie de la carte).

IV.1.3 Unités hydrogéologiques du Mésozoïque et du Cénozoïque

Des unités hydrogéologiques du Méso-Cénozoïque, seules les alluvions sont tracées sur la carte principale du poster (1/25.000). Les autres unités n'ont pas été cartographiées par manque d'informations précises sur leur extension (dépôts épars) ou, à l'inverse, parce qu'elles s'étendent sur une grande surface (les dessiner masquerait les unités du socle).

IV.1.3.1 "Aquifère du Crétacé"

Des restes d'une couverture crayeuse datant du Mésozoïque (Crétacé) sont observés sur le plateau des Hautes-Fagnes. Cependant, de nombreuses imprécisions perdurent sur l'épaisseur de ces dépôts de silex et argiles à silex, très peu perméables, et sur leur extension (dépôts épars). Sur cette carte, ces dépôts résiduels présentent davantage les caractéristiques d'un aquitard, voire

d'un aquiclude. Leur rôle hydrogéologique est très négligeable (extension réduite). L'utilisation de l'appellation "Aquifère du Crétacé" répond, ici, au souci de cohérence avec les termes génériques définis pour la carte hydrogéologique de Wallonie.

IV.1.3.2 Aquifère des sables de remplissage

Sur cette carte, les dépôts sableux ont des capacités aquifères réduites vu leur extension et la grande hétérogénéité des matériaux. Ils contiennent donc de petites nappes locales et souvent temporaires. Ils jouent également le rôle de filtres pour les nappes sous-jacentes.

IV.1.3.3 Aquitard limoneux

Les limons, épais de quelques décimètres à quelques mètres, jouent un rôle protecteur lors de l'infiltration des eaux météoriques: infiltration retardée dans le temps et "effet de filtration" (piégeage par des processus physicochimiques en zone partiellement saturée). Cependant, cette couverture limoneuse n'est pas uniforme sur l'ensemble de la carte. Ces dépôts n'ont pas été cartographiés sur la carte hydrogéologique.

IV.1.3.4 Aquifère des tourbes

Les tourbes présentent une porosité très élevée ce qui en fait un réservoir superficiel d'eau souterraine intéressant. Cependant, leur perméabilité est très faible ce qui implique que cette ressource en eau souterraine est difficilement exploitable. La qualité des eaux issues d'un milieu tourbeux est souvent médiocre: eau acide (acides humiques), pauvre en éléments nutritifs. Cette couverture est essentiellement présente sur les roches cambro-ordoviciennes.

IV.1.3.5 Aquifère alluvial

Les alluvions modernes sont composées principalement de graviers et de sables offrant des potentialités aquifères intéressantes, si leur extension le permet. L'alimentation directe par les eaux météoriques est faible en raison de la surface négligeable de la plaine alluviale. Ainsi, la majeure partie de l'alimentation de ces nappes vient d'éventuels apports de pied de versants, soit par ruissellement et par écoulement hypodermique, soit par le suintement de la nappe du bed-rock lorsque celui-ci est aquifère. On peut supposer également des interactions entre la nappe et la rivière, celle-ci n'étant pas canalisée sur cette carte.

Tableau IV.1: Unités hydrogéologiques de la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald

Ere	Système	Série	Etage	Abréviation	Lithologie	Hydrogéologie
Cénozoïque	Quaternaire	Holocène		Amo	Sable, gravier, argile, limon	Aquifère alluvial
				t	Dépôts tourbeux (sphaignes)	Aquifère des tourbes (non cartographié)
		Pléistocène		q	Limon, cailloux, argile, sable	Aquitard limoneux (non cartographié)
	Paléogène	Oligocène		O	sable, parfois gravier	Aquifère des sables de remplissage (non cartographié)
Mésozoïque	Crétacé			Sx	Silex résiduaire, argile à silex	Aquifère (non cartographié)
Paléozoïque	Dévonien	Inférieur	Emsien	E1	Série schisteuse avec lits silteux, gréseux ou psammitiques	Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur
			Praguien	S3	Schistes silteux ou phylladeux, rares couches de grès	Aquiclude du Dévonien inférieur
				S2	Quartzophyllades schisteux, schistes phylladeux, quartzites, grès quartzophylladeux et bancs calcareux	Aquiclude à niveaux aquifères de Villé
				S1	Alternance de phyllades et de schistes avec des quartzophyllades et bancs de quartzite ou de grès	Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur
			Lochkovien	G	Poudingue et grès à la base surmontés de schistes bigarrés avec intercalations de grès	
	Ordovicien	Inférieur	Salmien	Sm1	Quartzophyllades, quartzophyllades gréseux, bancs gréseux et phyllades	Aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien
	Cambrien	Supérieur Moyen	Revinien	Rv 5	Succession verticale de phyllades, de quartzophyllades et, de phyllades à prédominance de quartzophyllades et de phyllades	Aquiclude à niveaux aquitards du socle cambro-silurien
				Rv 3-4	Alternance de bancs de quartzites et de phyllades	Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien

IV.2 DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE DE LA CARTE

Les ressources en eaux souterraines du territoire couvert par la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrnwald sont essentiellement situées dans les terrains grésos-quartzitiques du Dévonien inférieur du Synclinorium de l'Eifel ainsi que dans les niveaux quartzitiques et quartzophylladeux du Cambro-ordovicien du Massif de Stavelot. Les dépôts alluvionnaires sont modérément développés et représentent une ressource en eau souterraine limitée (intérêt purement local, comparé à la plaine alluviale de la Meuse). Les limons quaternaires constituent une couche protectrice pour les nappes sous-jacentes. En période de forte pluviosité, on y observe parfois de petites nappes locales et temporaires. Le comportement hydrologique des tourbières des Hautes Fagnes sera succinctement décrit. Toutes les unités hydrogéologiques de la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrnwald ne sont pas abordées avec le même degré de détails, étant donné le faible jeu de données disponibles pour certaines d'entre elles.

Deux types de nappes peuvent se rencontrer dans les différents terrains présents:

- une nappe superficielle (nappe libre) développée dans le manteau d'altération. Cet aquifère perché est généralement de faible capacité et temporaire; il est rechargé par les importantes précipitations automnales et hivernales. Durant les périodes sèches, il se vide via les sources et le réseau hydrographique et peut finir par se tarir (en fonction de sa capacité et des précipitations antérieures). Ce type d'aquifère est très vulnérable aux pollutions liées aux activités développées en surface.
- une nappe profonde dans les niveaux fracturés et fissurés du bed-rock. La quantité d'eau qui peut être stockée dans ces fractures et la facilité avec laquelle celle-ci peut s'y déplacer dépendra essentiellement de la nature de la roche. Ce type d'aquifère est généralement mieux protégé des activités anthropiques. Les couches moins perméables (shales, schistes) peuvent rendre localement la nappe sous-jacente captive.

Dans les deux types d'aquifères sur la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrnwald, l'eau est douce avec généralement de faibles valeurs de pH. Elle est souvent ferrugineuse. Les ressources en eaux souterraines des différentes unités hydrogéologiques de la carte sont de faible importance comparées aux aquifères calcaires, crayeux ou grésos-sableux. Elles ne sont cependant pas négligeables puisqu'elles constituent souvent la seule ressource aquifère des communes. La dispersion de la population en petites agglomérations ou en habitations isolées, d'accès difficiles par le réseau de distribution, est un autre élément à considérer. D'après Derycke *et al.* (1982), la solution idéale pour exploiter ces différentes unités est d'alterner les prélèvements entre les deux types d'aquifères :

- le captage de la nappe phréatique par drains et puits peu profonds avec mise en réserve de la circulation profonde, pendant la période de hautes eaux;
- le captage par puits profonds de la circulation souterraine captive, au moment où la nappe phréatique est asséchée et très vulnérable à la pollution de surface pendant la période d'étiage.

Au sein des roches cohérentes, la fissuration et l'altération peuvent modifier leur perméabilité. La fracturation va créer un réseau de fractures favorisant la circulation de l'eau. L'altération et la fracturation des roches induisent des changements de propriétés différents selon leur lithologie. Trois comportements principaux se présentent.

- Les roches sont des carbonates: l'altération entraîne une dissolution de la roche et un agrandissement du réseau de fractures existant. La perméabilité est augmentée.
- Les roches sont des grès ou quartzites: l'altération produit un terrain sableux, ce dernier présente une plus grande conductivité hydraulique et la porosité efficace est augmentée. Les fractures peuvent agir comme des drains.
- Les roches sont des shales/schistes: l'altération produit un terrain très argileux qui colmate le réseau de fractures. La perméabilité est diminuée.

IV.2.1 Massif de Stavelot

Le Massif de Stavelot couvre environ 20 % de la superficie de la carte Elsenborn-Langert & Dreierrenwald (partie nord-ouest). Trois unités hydrogéologiques sont distinguées au sein des terrains cambro-ordoviciens:

- Aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien;
- Aquiclude à niveaux aquitards du socle cambro-silurien;
- Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien.

Reposant sur ces roches paléozoïques, les terrains de couverture (alluvions, limons, tourbes, sables) ne constituent pas, sur cette carte, des ressources en eau souterraine majeures. Les alluvions sont peu développées. La couche limoneuse est relativement peu épaisse. Les dépôts sableux sont épars et s'étendent sur de faibles superficies. Les tourbes, dépôts récents caractéristiques des Hautes Fagnes, présentent certaines particularités hydrologiques qui sont détaillées dans ce chapitre.

Cette zone est drainée par la Helle (Hill, en allemand) qui s'écoule vers le nord, et par le Schwarzbach et la Roer (partie amont). Ces deux rivières s'écoulent, lors de leur passage sur le massif calédonien, vers l'est ou vers le sud-est. Les caractéristiques physico-chimiques de ces rivières ont été étudiées. Des échantillons d'eau y ont été prélevés: (1) sur la Schwarzbach à hauteur de Trickebruck (à 4 km de sa source, écoulement essentiellement sur le Cambro-Ordovicien, ainsi qu'un petit passage sur le Dévonien inférieur); (2) sur la Roer à Herzogenvenn en amont de la confluence avec la Petite Roer (à 6,4 km de la source, écoulement d'abord sur le Revinien puis sur le Gedinnien). Les particularités chimiques de ces rivières sont étroitement liées

à la géologie (pH acide, très peu minéralisée). En hautes eaux, les eaux sont de type fagnard⁶. Par contre en étiage, elles sont intermédiaires entre ce type et le type ardennais⁷ (Schyns, 2004).

La zone nord-ouest de la carte est essentiellement occupée par des forêts et des tourbières. Seul le village de Kùchelscheid, à l'est, constitue l'entité urbanisée de la zone "Massif de Stavelot" (voir [chapitre II](#)). Dès lors, très peu d'ouvrages de prise d'eau sont répertoriés et peu de données sont disponibles pour caractériser le contexte hydrogéologique (voir poster de la carte hydrogéologique).

Au nord-ouest du village de Kùchelscheid, la commune de Bütgenbach exploite le drain 'Pannensterz'. Ce drain d'une longueur estimée à 25 m (tracé précis non connu) et de 100 mm de diamètre daterait d'avant 1914 (SGS, 2005c). Cet ouvrage captant par écoulement gravitaire sollicite l'aquiclude à niveaux aquitards et l'aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien. Etant donné la nature de l'ouvrage (écoulement gravitaire), nous disposons de peu de données permettant de mieux caractériser le contexte hydrogéologique environnant de la prise d'eau. Les écoulements souterrains naturels sont probablement globalement dirigés vers le sud-est, en direction du ruisseau. Un bilan hydrogéologique simplifié de la prise d'eau a été établi sur base d'une pluviométrie moyenne (1500 mm/an) et de la répartition de l'eau utile suivante (SGS, 2005c):

- 55 % de ruissellement non captés par la prise d'eau;
- 27 % d'infiltration aux écoulements hypodermiques potentiellement captés par le drain;
- 18 % d'infiltration efficace vers la nappe profonde, également potentiellement captés par le drain.

Le bilan est déterminé sur base du bassin versant entourant le drain, défini d'après la carte topographique. Le calcul du bilan (Tableau IV.2) est largement excédentaire (environ 25 % des précipitations). Cet excédent pourrait correspondre au trop-plein de la prise d'eau qui n'a pu être quantifié. Le bassin topographique considéré pour cette prise d'eau semble correspondre à son bassin d'alimentation (SGS, 2005c).

Tableau IV.2: Bilan hydrogéologique annuel simplifié pour le site de Pannensterz (SGS, 2005c)

Superficie du bassin	30 ha		
Pluviométrie	450 000 m ³	Infiltration hypodermique	78 975 m ³
Evapotranspiration	157 500 m ³	Infiltration profonde	50 850 m ³
Eau utile	292 500 m ³	Volume annuel moyen (drain)	-21 200 m ³
Ruissellement	160 875 m ³	BILAN	108 625 m ³

⁶ Rivière de type fagnard dont les eaux sont caractérisées par une minéralisation faible, un pH acide, un déficit en bicarbonates et une teneur importante en sulfates, et localisé sur les terrains du Cambro-Ordovicien (Symoens, 1957)

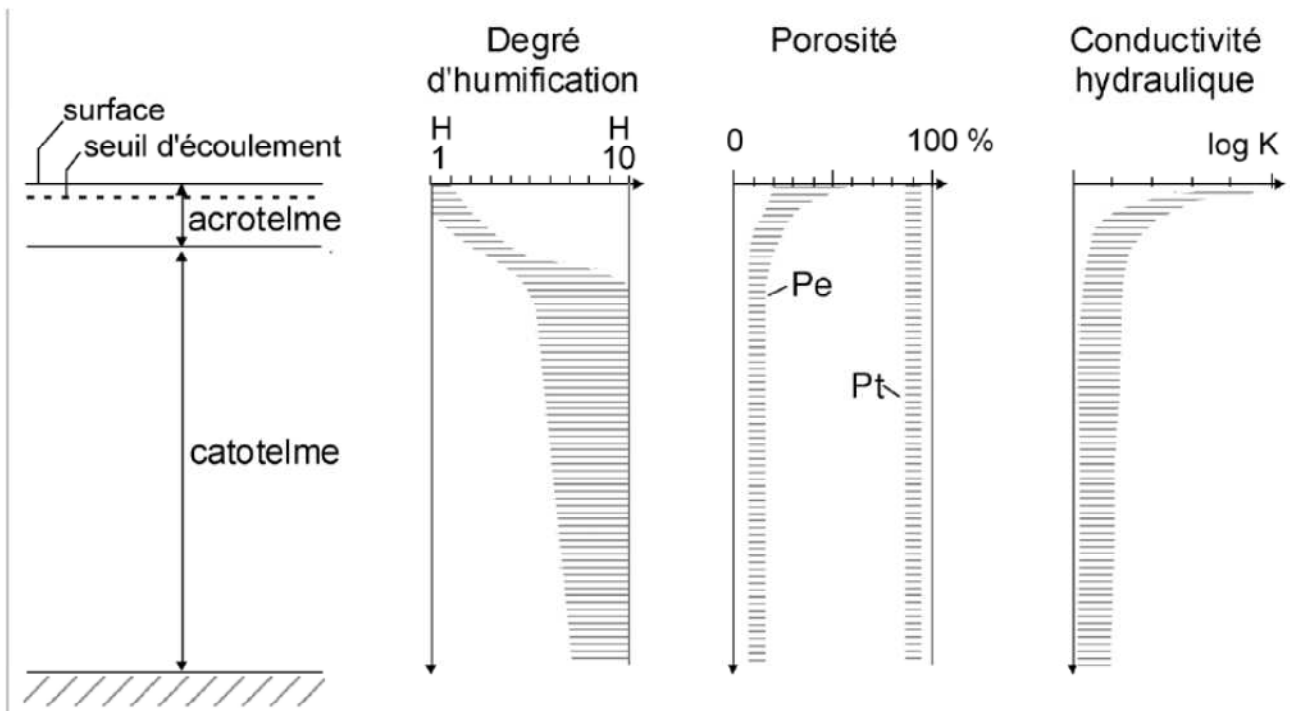
⁷ Rivière de type ardennais, aussi oligotrophe mais proche de la neutralité et présentant toujours des bicarbonates et une teneur plus faible en sulfates. Ces eaux coulent sur les terrains du Dévonien inférieur (Symoens, 1957)

Les tourbières

Présentes sur le Massif de Stavelot, dans le nord-ouest de la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrrenwald, les tourbières occupent entre 3 et 9 % de la superficie de la zone cartographiée, selon respectivement la carte d'occupation du sol (COSW) et la carte pédologique (CNSW) (voir [chapitre II](#)). Les types de sols relevés sous la classe "Zones humides-Tourbières" (COSW) sont des sols tourbeux ou présentant une qualité de drainage naturel modéré à assez pauvre. Les tourbières hautes à sphaignes sont caractéristiques des régions tempérées et très présentes sur les hauts plateaux ardennais (dont les Hautes Fagnes).

Le rôle des tourbières dans le cycle hydrologique, et plus particulièrement leur impact sur le régime des cours d'eau, a été l'objet de maintes études, parfois controversées. D'après Wastiaux (2000; 2008), les tourbières n'assurent ni un effet tampon sur les crues, ni un soutien d'étiage qui soient significatifs.

La figure IV.2 résume les paramètres classiques utilisés pour définir les sols tourbeux. L'acrotelme, ou la strate supérieure, est formée de la végétation vivante et des sphaignes mortes peu décomposées. Peu épaisse (quelques dizaines de centimètres), elle correspond à la zone d'aération périodique où le niveau hydrostatique fluctue. Le catotelme, ou la strate inférieure, constitue la masse la plus importante de la tourbière, elle peut atteindre plusieurs mètres d'épaisseur et se caractérise par une saturation en eau permanente et donc l'absence d'activité microbienne aérobie. Si la conductivité hydraulique (K) décroît avec la profondeur, elle dépend aussi beaucoup du type de tourbes. Dans les coussins à sphaignes, K est de l'ordre de 10^{-1} m/s (Romanov, 1968; cité dans Wastiaux, 2008). Dans les tourbes modérément humifiées, elle est comprise entre 10^{-4} à 10^{-6} m/s (Rycroft *et al.*, 1975; cité dans Wastiaux, 2008). La perméabilité peut descendre à 10^{-9} m/s ou même 10^{-10} m/s dans les tourbes fortement humifiées (Baden & Eggelsmann, 1963; Rycroft *et al.*, 1975; cités dans Wastiaux, 2008).



H: degré d'humification. *K*: conductivité hydraulique à saturation. *Pt*: porosité totale. *Pe*: porosité efficace.

Figure IV.2: Profil schématique d'une tourbière haute et de quelques paramètres hydro-physiques (Wastiaux, 2008)

Le fonctionnement hydrologique des tourbes à l'échelle d'un bassin versant a été étudié via la relation "Précipitations-Débits". Cette relation est directement en lien avec l'état de cette nappe très superficielle. On observe en général une nappe peu profonde (eau à maximum entre 20 et 30 cm de profondeur). Les fluctuations sont de faibles amplitudes. Le niveau piézométrique a été suivi durant une année dans une tourbière des Hautes Fagnes (Wastiaux, 2000). Le niveau d'eau se situe majoritairement à une dizaine de centimètres sous la surface (plus de 60 % de l'année hydrologique). Exceptionnellement, sur de courtes périodes, le niveau piézométrique est parfois plus bas. Cette absence d'abaissement du niveau piézométrique montre que la vidange latérale de la nappe doit être très limitée. Une tourbière est donc un milieu quasiment saturé qui offrira peu de capacité d'absorption (Wastiaux, 2008). De l'étude d'un petit bassin-versant tourbeux des Hautes-Fagnes, diverses observations ont été faites. *En période de précipitations, le niveau hydrostatique reste très proche de la surface. Parallèlement, les pics de crue se succèdent. La tourbière est (quasi) saturée. Tout excédent de précipitations ne peut donc pas s'infiltrer, mais seulement ruisseler selon la pente, à travers la végétation de surface. Au cours d'une période sèche estivale, le niveau hydrostatique descend selon une succession de paliers, à intervalles constants de 24 heures. Parallèlement, le débit (à l'exutoire du bassin) diminue rapidement et devient extrêmement faible (cela signifie un débit de base très bas). Ces deux éléments conjoints indiquent que l'évapotranspiration est, à ce moment, quasiment la seule responsable de l'abaissement du niveau hydrostatique. Lorsque des précipitations ont lieu après une période sèche estivale, la nappe remonte, mais dans un premier temps, le débit (du ruisseau) reste très faible. C'est seulement après que la nappe ait atteint un certain seuil, qu'une signature à l'exutoire (du bassin-versant) est à nouveau enregistrée. Sous ce seuil, la tourbe est pratiquement imperméable et les mouvements*

latéraux de l'eau sont extrêmement lents – de même que l'infiltration vers des aquifères plus profonds, souvent considérée comme négligeable à l'échelle du bilan hydrologique annuel (Wastiaux, 2008).

L'analyse de l'hydrogramme du bassin versant tourbeux montre trois types d'écoulements: deux écoulements rapides de crue, lorsque le toit de la nappe dépasse le seuil d'écoulement rapide et un écoulement de base. Ce dernier ne représente qu'une part minoritaire de la lame d'eau écoulée. La fonction de soutien d'étiage attribuée par certains aux tourbières est en fait négligeable. La capacité des tourbières à emmagasiner de l'eau supplémentaire lors des précipitations étant très limitée, l'effet d'éponge supposé des tourbières n'est pas une réalité. La capacité d'écrêtement des crues par les tourbières est faible à nulle. De plus les nappes des tourbières ne peuvent être comparées à des réservoirs, puisque la quasi-totalité de l'eau est indisponible (car très peu mobilisable), tant pour l'écoulement que pour l'infiltration vers les aquifères sous-jacents (Wastiaux, 2008).

Le type de couverture végétale et l'épaisseur de la tourbière peuvent aussi intervenir sur la relation "Pluies-Débits". A titre d'exemple, on peut citer l'étude hydrologique menée sur de petits bassins versants des Hautes Fagnes (Mbuyu & Petit, 1990). Le comportement hydrologique de deux bassins versants de morphométrie similaire mais dont l'occupation du sol diffère a été analysé en fonction de différents paramètres. Ils sont situés dans la partie amont du bassin de la Helle⁸. Le bassin versant de la Fagne Wallonne est couvert d'une lande sur un substrat tourbeux épais. Le second bassin, Ru des Waidages, est couvert d'une pessière (forêt d'épicéas) sur un substrat tourbeux peu épais. En période hivernale, il existe un écoulement rapide de crues dans les deux bassins. Cependant, sous la pessière qui permet d'augmenter l'interception et donc l'évaporation directe, la lame d'eau évacuée à partir de ce bassin est plus faible que celle du bassin tourbeux. Lors de la période estivale, le bassin couvert d'épicéas répond plus rapidement aux précipitations. Le déclenchement de l'écoulement rapide de crue dans le bassin tourbeux est retardé par la reconstitution du stock en eau (l'évaporation ayant entraîné une diminution du niveau piézométrique). De plus, il faut noter que le seuil de saturation du bassin tourbeux est nettement plus important que celui du bassin forestier (tourbe peu épaisse). La quantité d'eau stockée dans la strate supérieure de la tourbière du bassin de la Fagne Wallonne est plus importante que dans l'autre bassin versant. Ainsi, la lame d'eau écoulée est inférieure à celle dans la pessière et l'écoulement de crue n'est pas généré directement.

⁸ Carte 50/2 Xhoffrai située à l'ouest de la carte étudiée.

IV.2.2 Synclinorium de l'Eifel

Environ 80 % de la surface de la carte est occupée par le Synclinorium de l'Eifel (flanc septentrional), constitué de terrains du Dévonien inférieur. Ces terrains 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.

Trois unités hydrogéologiques y sont distinguées:

- Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur
- Aquiclude du Dévonien inférieur
- Aquiclude à niveaux aquifères de Villé

Pour rappel, cette dernière unité hydrogéologique a été individualisée au sein du Dévonien inférieur pour son faciès calcaireux plus marqué. Cette caractéristique se marque surtout dans les analyses hydrochimiques (eau plus carbonatée). Hydrogéologiquement, cette unité a un comportement similaire à l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur: des horizons plus perméables au sein d'une masse schisto-phylladeuse peu perméable.

Le Synclinorium de l'Eifel, sur la carte étudiée, est drainé vers le nord par la Roer et ses affluents dont la Schwalm, l'Olef et le Wiesbach. Vers le sud, le massif est drainé par le ruisseau de Quarreux et le Sosterbach, affluents de la Warche (bassin de l'Amblève). Les vallées et dépressions agissent comme des collecteurs de drainage. Au sud-est de la carte, se trouve le lac de Robertville.

Sur 60 ouvrages, 59 sont situés au droit des terrains du Dévonien inférieur du Synclinorium de l'Eifel. La répartition entre les prises d'eau par pompage (puits) et les prises d'eau par gravité (drains, sources, galerie) est à peu près équivalente. Une quinzaine de niveaux d'eau ont pu être mesurés au droit des puits et piézomètres. Ces cotes piézométriques ponctuelles sont indiquées sur la carte hydrogéologique principale du poster. Les profondeurs d'eau observées vont de quelques décimètres à quelques mètres (maximum 15 m). La majorité des puits investigués ont une faible profondeur (< 20 m). Ils sollicitent donc essentiellement la nappe logée dans le manteau d'altération, voire la partie supérieure des zones fissurées du bed-rock. En général, les puits les plus profonds présentent les niveaux piézométriques les plus bas, attestant qu'ils sollicitent les horizons fracturés et fissurés en profondeur. Quelques-uns de ces puits profonds ont des cotes piézométriques relativement proches de la surface topographique, démontrant que l'horizon aquifère qu'ils recoupent en profondeur est captif.

La commune de Bütgenbach et la SWDE exploitent les eaux logées dans les horizons aquifères de ces terrains du Dévonien inférieur, via plusieurs sites de captages. Des études y ont été menées dans le but de mieux comprendre le contexte hydrogéologique et de rechercher les zones les plus fissurées.

Dans le nord de la carte, à proximité de l'Allemagne, le site de Küchelscheid est pourvu d'un puits dont la profondeur est d'environ 85 m (SGS, 2005b). Le niveau d'eau n'est pas suivi de manière régulière dans ce puits. Les données disponibles, de juillet 2002 et 2003, indiquent un niveau d'eau à environ 10 m de la surface, soit une cote piézométrique de l'ordre de 544 m (niveau statique). Les essais de pompage réalisés (voir [chapitre VII](#)) donnent une conductivité hydraulique de 10^{-7} à 10^{-6} m/s. Celle-ci augmente légèrement en cours de test indiquant que des zones un peu plus perméables sont atteintes.

Des investigations hydrogéologiques ont été menées dans la vallée de la Roer, au lieu-dit 'Regenberg', dans le nord de la commune de Bütgenbach, pour le compte de cette dernière (SGS, 2015). Des campagnes de prospection géophysique (électrique et sismique) ont conduit à la réalisation de trois forages, en mars-avril 2013 (Figure IV.3). Ces puits, P1, P2 et P3, ont atteint une profondeur respective de 95,8 m, 96 m et 117,5 m. Les puits P1 et P3 ont rencontré plusieurs zones fracturées, tandis que P2 a traversé des terrains très compacts. D'importantes venues d'eau sont rencontrées au niveau de ces zones fracturées, correspondant à la nappe profonde du bed-rock.

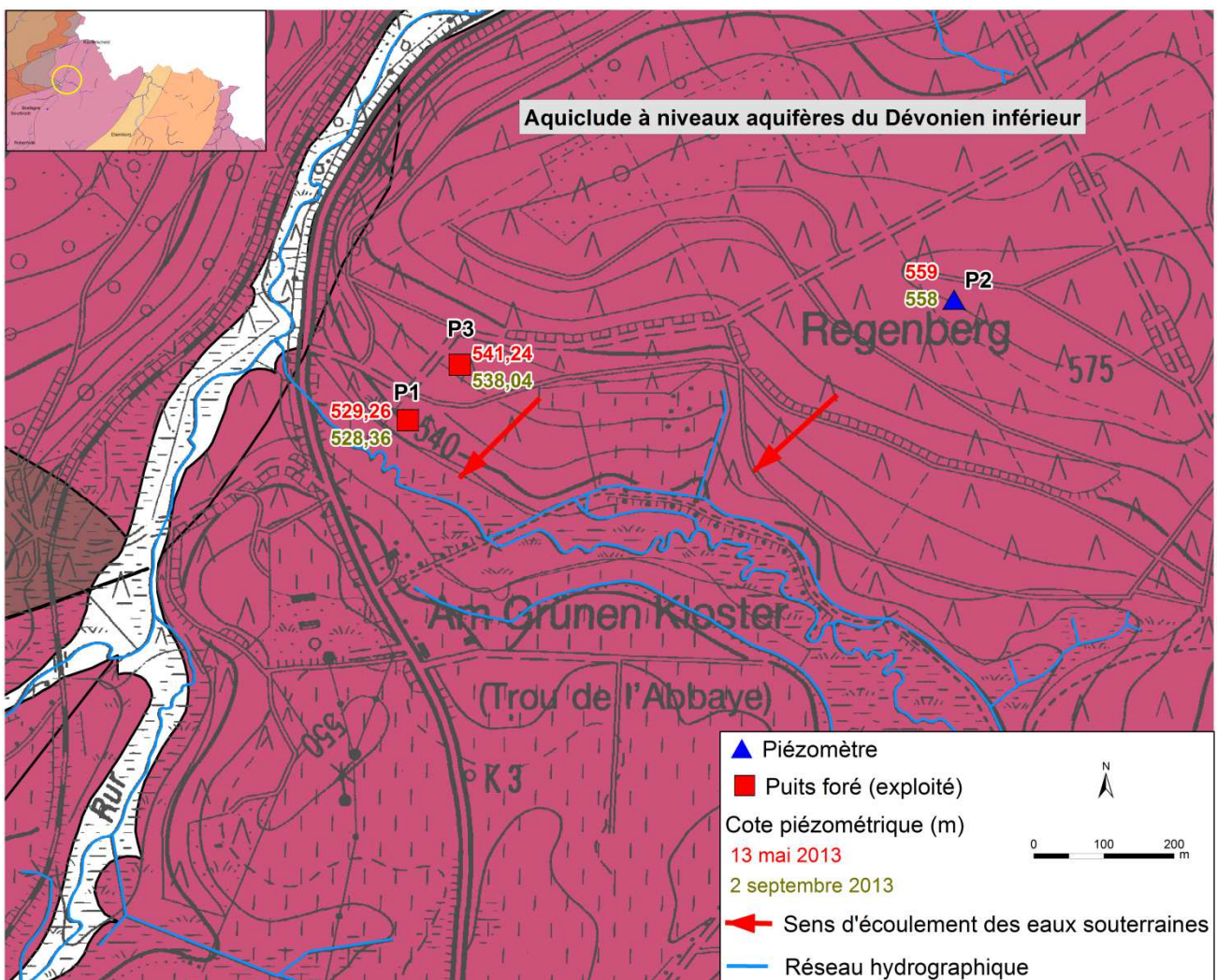


Figure IV.3: Site de Regenberg – AC Bütgenbach

Les niveaux piézométriques statiques ont été relevés deux fois, en mai et en septembre 2013. Sur base de ces quelques données, au droit du site de Regenbergr, la nappe profonde s'écoule globalement selon la pente topographique, vers le sud, sud-ouest en direction du ruisseau de Vennbach (Figure IV.3). Le fond de vallée du ruisseau et sa plaine marécageuse, situés à l'altitude approximative de 530 m, ne semblent pas constituer l'exutoire naturel de l'aquifère recoupé par les puits. Cette zone marécageuse témoigne de la présence d'une couche moins perméable relativement proche du sol, créant une nappe peu profonde. Cependant, aucune nappe superficielle, logée dans le manteau d'altération du socle dévonien n'a été rencontrée lors des forages, situés au nord. D'après l'interprétation des mesures géophysiques, la nappe superficielle devrait se trouver entre 1 et 5 m de profondeur (SGS, 2015). Les niveaux d'eau mesurés dans les puits sont compris entre 12 et 16 m.

Les essais de pompage effectués sur ces trois ouvrages montrent que les puits P1 et P3 ont de bons débits d'exploitation, pouvant atteindre, respectivement, 35 m³/h et 8 m³/h en exploitation conjointe maximale. Par contre, au puits P2, le débit d'exploitation attendu est nettement plus faible, 3,3 m³/h, un peu faible pour une exploitation publique rentable. Les conductivités hydrauliques calculées varient beaucoup selon la fracturation des terrains. Dans le bed-rock compact ou peu fissuré, elle est de l'ordre de 1 à 8 × 10⁻⁷ m/s. Dans les zones plus fracturées, elle atteint 2 à 6 × 10⁻⁶ m/s, voire 2 à 5 × 10⁻⁵ m/s dans les zones faillées (SGS, 2015).

Au sud du site de Küchelscheid et à l'est du site de Regenber, les forces armées belges possèdent plusieurs prises d'eau destinées à alimenter le camp d'Elsenborn (Figure IV.4). Il y a six puits maçonnés, profonds d'une dizaine de mètres, dont deux sont raccordés à des galeries horizontales de 150 et 600 m de longueur totale. Ces ouvrages sont répartis de part et d'autre du Vennbach. Les niveaux de sources observés dans ce ruisseau constituent les exutoires naturels de la nappe. Quelques niveaux piézométriques ont été mesurés, l'eau se trouve à une profondeur variant entre 1,5 et 4 m. Les cotes piézométriques au droit des puits sur galerie sont à considérer avec précaution, la galerie ayant un impact sur le rabattement de la nappe. La nappe s'écoule globalement selon la pente topographique et est drainée par le réseau hydrographique. Au droit de ce site, la direction générale de l'écoulement souterrain est d'est en ouest. Les puits P1 et P2 sont situés à proximité d'un petit plan d'eau artificiel. D'après les essais réalisés sur le terrain, il existe une connexion entre ces puits, avec l'étang et le ruisseau. Des interactions, moins importantes cependant, entre P5 et P6 ont aussi été observées. Les essais de pompage montrent des contrastes de conductivité hydraulique sur ce site liés à la présence d'axes de fracturation importants dans un massif globalement moyennement perméable. Lors des événements pluvieux, les niveaux piézométriques dans les puits réagissent fort et rapidement (SGS, 2007).

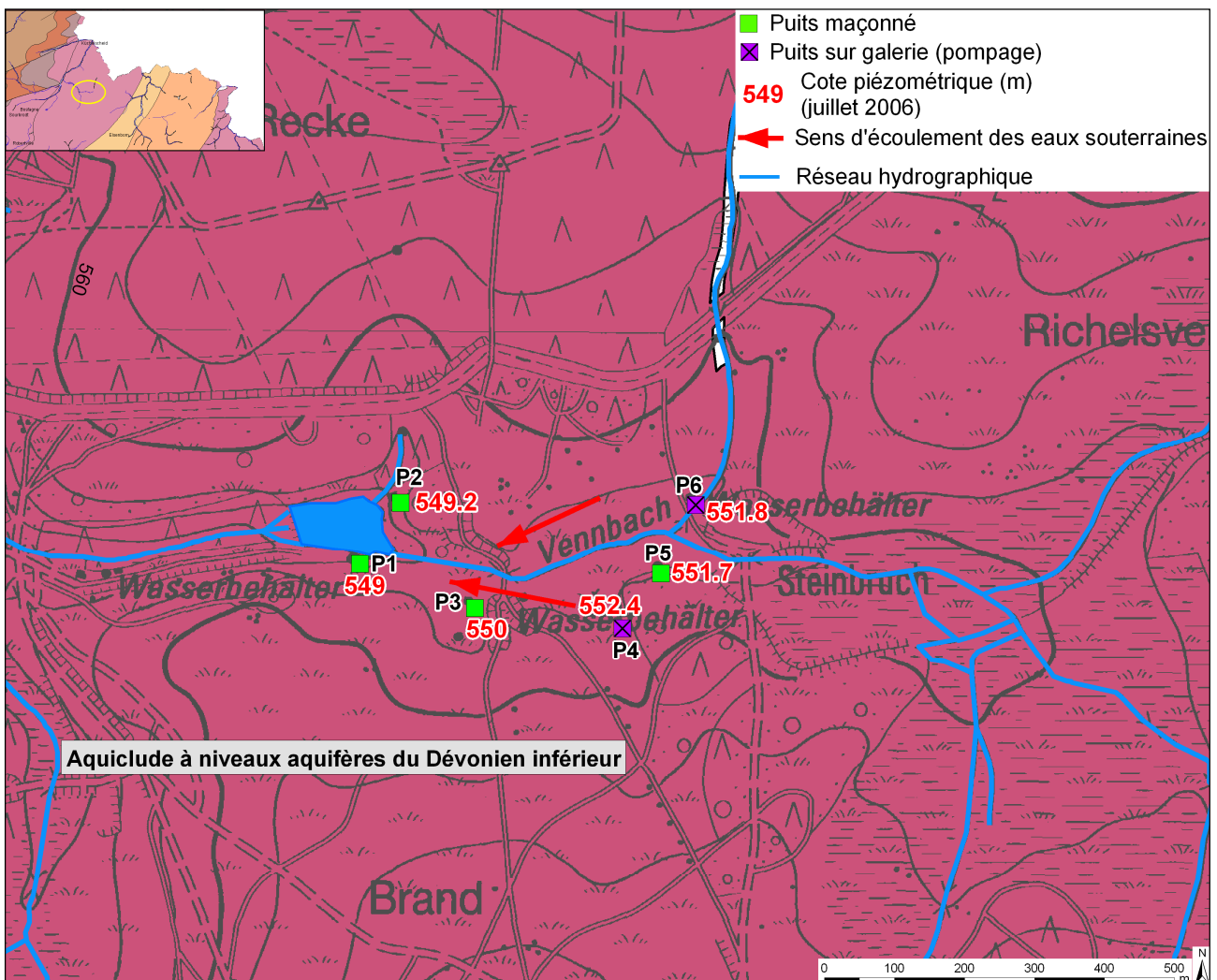


Figure IV.4: Site 'Vennbach' - Camp militaire d'Elsenborn

Au sud-ouest de la carte, la SWDE possède deux sites de captage, situés dans le bassin-versant de la Warche. Tous deux sollicitent l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur (Figure IV.5). La prise d'eau d'Andrifosse est un drain d'une centaine de mètres de long et de 3 à 4 mètres de profondeur. Nous disposons de très peu d'informations sur cet ouvrage. Vers le sud, à proximité du lac de Robertville, la SWDE exploite une galerie de quelques mètres de long orientée à l'est jusque sous la route. Son radier se situe à la cote altimétrique de 500 m. L'arrivée de drains (tuyau de grès) est visible de part et d'autre du radier. Cette prise d'eau capte des sources qui, avant la construction de la galerie (1957), émergeaient en pied d'un talus. Plusieurs affleurements montrent des bancs de quartzites et de grès phylladeux assez épais alternant avec de minces bancs de schistes. Structuralement, on observe deux synclinaux séparés par un anticlinal déversé vers le nord. Les émergences sourdent à la charnière de ce pli. La tectonique explique donc probablement la présence de cette importante source au sein d'un massif globalement peu perméable (SWDE, 2004). Le débit de la galerie fluctue en fonction des conditions météorologiques. On observe une réponse assez rapide aux précipitations. La chimie des eaux de la galerie semble aussi montrer que la galerie capte la nappe superficielle (eau pauvre en fer et manganèse, présence non négligeable de nitrates). Deux piézomètres ont été forés dans le cadre de l'étude des zones de prévention, Pz2 et Pz3 (SWDE, 2003). Des venues d'eau importantes sont apparues dans Pz2 vers 15-16 m de profondeur (prof du forage: 26 m). Le piézomètre Pz3, profond de 17 m, a été crépiné sous le niveau de la galerie. Des tests de traçages ont été réalisés depuis ces forages (Tractebel, 2004). Si les traceurs injectés au Pz2 ont bien été détectés à la galerie, il n'en est rien pour le traceur du Pz3. Les traceurs du Pz2 sont arrivés rapidement à la galerie et en quantité (voir [chapitre VII](#)). Ces essais ont aussi permis de confirmer que la galerie est très sensible aux infiltrations pluviales et est implantée au droit d'un axe de fracturation important.

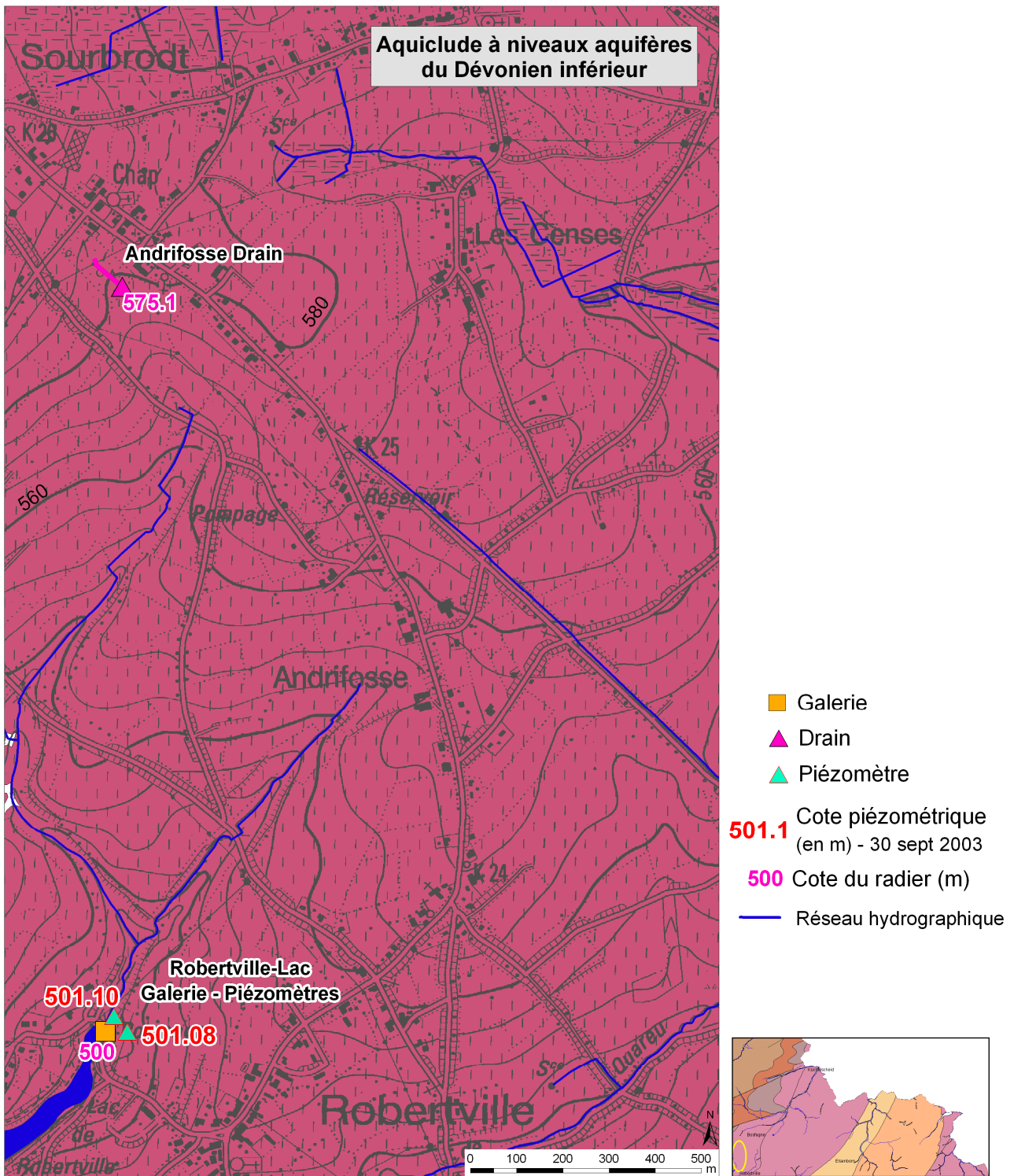


Figure IV.5: Sites SWDE de Robertville-Lac et Andrifosse

Dans la partie méridionale de la carte, l'administration communale de Bütgenbach possède deux sites de captage: Weywertz (Figure IV.6), et plus à l'est, Elsenborn-Nidrum (Figure IV.7). Localisé dans le bassin de la Warche, le site de Weywertz comprend neuf drains et un puits foré, situés dans le bassin du Baumbach. Les eaux souterraines s'écoulent en direction du sud, du sud-ouest ou du sud-est, en direction du Baumbach et de ses affluents. Les drains, implantés à faible profondeur (entre 2,7 et 5 m), sollicitent principalement la nappe logée dans les terrains altérés (aquifère superficiel). Les trop-pleins des drains sont surtout actifs lors d'épisodes pluvieux importants (fin de l'automne, hiver et printemps). L'analyse des hydrogrammes des différents drains a permis de mieux saisir le contexte hydrogéologique de ce petit bassin. Les plus faibles débits sont observés fin de l'été-début de l'automne. Le débit des drains est très sensible aux pluies, excepté pour les drains I et II.2. Pour les drains II.1, IV et V, l'amplitude entre le débit maximal et le débit minimal est élevée. Le délai de réaction aux précipitations est court (24 à 48 h). Ces observations conduisent à identifier une infiltration rapide et importante dans le bassin d'alimentation de ces drains, lors des pluies. Pour les drains II.3, II.4 et peut-être I, les amplitudes ($Q_{\max}-Q_{\min}$) restent élevées mais les délais de réaction sont aussi plus longs (max 7 jours). Dans leur bassin d'alimentation, l'infiltration, lors d'évènements pluvieux, est élevée mais lente vers les aquifères. Les drains III.1 et III.2 présentent des amplitudes modérées avec un temps de réaction court (max 24 à 48 h). Ces constatations indiquent une infiltration rapide mais limitée (quantité réduite). Toutes ces observations montrent que les drains sont majoritairement alimentés par des nappes superficielles, à la vidange rapide. Ces écoulements sont souvent taris lors des périodes sèches. Ainsi les débits observés, lors de ces périodes, sont plus faibles et sont issus de l'aquifère profond logé dans les horizons fissurés. Le drain II.2 semble moins sensible au régime pluviométrique et serait donc majoritairement alimenté par une nappe plus profonde. L'étude des coefficients de tarissement montre également que la plupart des drains présentent des vidanges hypodermiques (nappe superficielle logée dans le manteau d'altération), sauf le drain II.2. Ces vidanges semblent assez lentes, tout comme les vidanges de fond (vidange des nappes plus profondes ou plus éloignées des prises d'eau)(SGS, 2005a). Le puits, avec une profondeur de 80 m, capte les eaux logées dans la nappe profonde du bed-rock fissuré. Très peu de niveaux piézométriques sont disponibles. Ainsi en juillet 2002, la nappe (au repos) était à la cote 544,39 m (soit l'eau à 7,9 m du sol). En novembre 2002, la cote piézométrique était de 546,48 m (soit l'eau à 5,81 m du sol). Les essais de pompage sur ce puits aboutissent à des valeurs de conductivité hydraulique assez faibles ($3,4 \times 10^{-7}$ m/s). Elles augmentent ensuite lorsque le cône de rabattement atteint des zones plus perméables (SGS, 2005a).

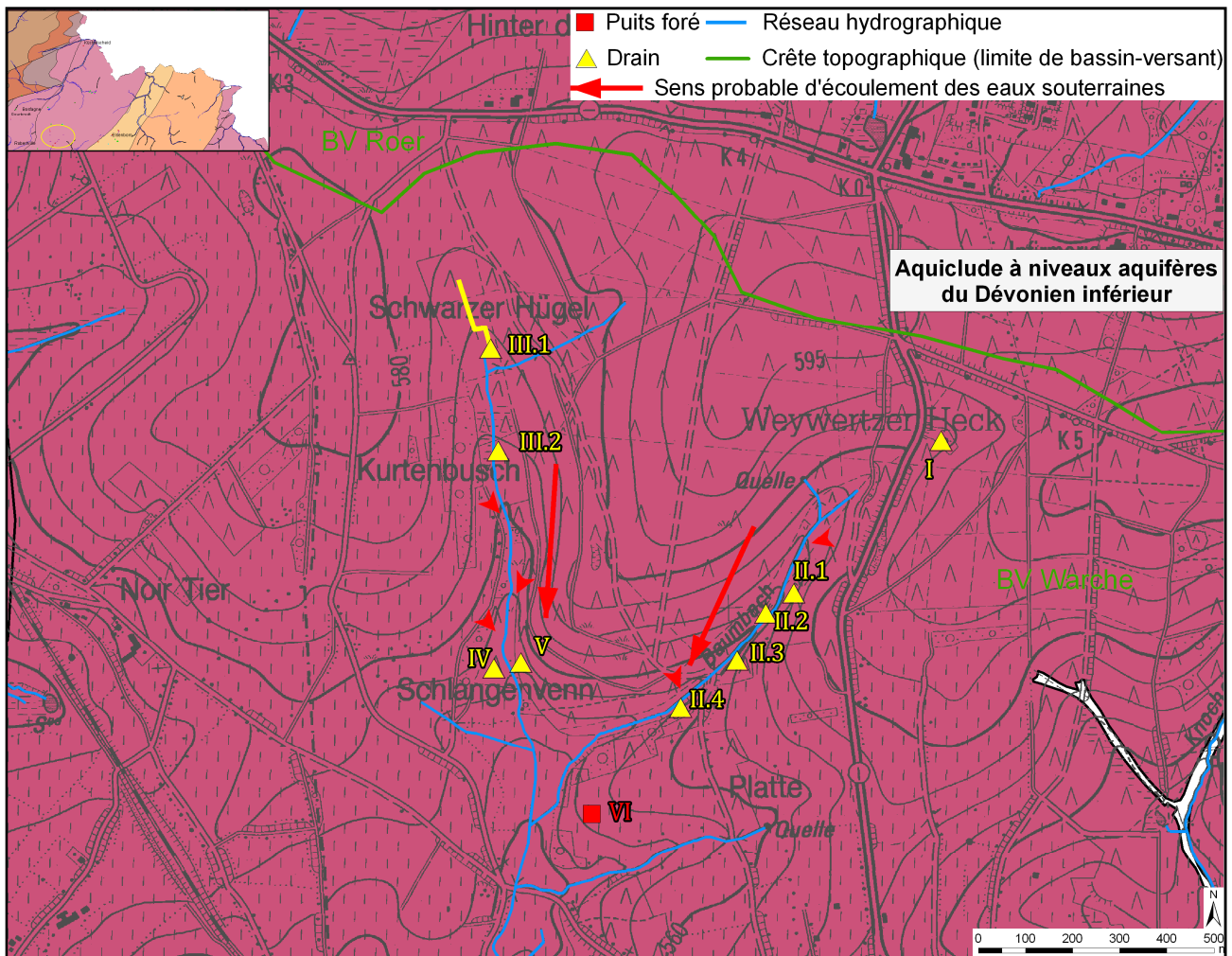


Figure IV.6: Site de Weywertz – AC Bütgenbach

Le site d'Elsenborn-Nidrum compte six drains, trois puits⁹ et quatre piézomètres (Figure IV.7). Les prises d'eau 'Elsenborn' sont situées dans le bassin hydrographique de la Roer (via le Lienbach, affluent du Schwalmbach) et sollicitent l'aquiclude à niveaux aquifères de Villé. Les ouvrages 'Nidrum' sont dans le bassin de la Warche (via le Zosterbach) et captent les eaux de l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur et aussi celui de Villé.

La nappe sollicitée par ces prises d'eau, que ce soit par les drains ou par les puits forés, est celle logée dans les niveaux fracturés du bed-rock. Plusieurs observations de terrain et les analyses des résultats des mesures vont dans ce sens (SWDE, 2000; SGS, 2006). Selon les puits, les venues d'eau significatives sont apparues dès 10-15 m ou 20-25 m. Au niveau des forages, le manteau d'altération ne semble pas aquifère. Les profondeurs d'eau mesurées sur ce site sont comprises entre 2 et 14 m (profondeur des puits: 20 à 83 m). L'épaisseur des terrains non saturés est relativement importante. Ces puits et piézomètres recoupent en profondeur des horizons fissurés. Ces niveaux plus perméables que le massif environnant sont localement captifs (mis sous

⁹ Suite à l'endommagement du puits 'Winterborn' (50/3/9/005)(abandonné et remblayé), un nouveau puits a été foré 'Nidrum Nouveau Puits' (50/3/9/013)(SGS, 2016).

pression par les horizons plus schisteux). L'analyse des hydrogrammes des drains et les coefficients de tarissement déduits indiquent également que les prises d'eau d'Elsenborn-Nidrum ne semblent pas alimentées de manière importante par des eaux superficielles, logées dans les terrains altérés. Les coefficients de tarissement déterminés correspondent peu aux nappes superficielles mais principalement aux aquifères plus profonds. Les vidanges de fond sont assez lentes pour les prises d'eau d'Elsenborn (faibles coefficient de tarissement 6×10^{-4} à $3 \times 10^{-4} \text{ j}^{-1}$). Pour le site Nidrum, les coefficients de tarissement sont plus élevés (2×10^{-3} à $4 \times 10^{-4} \text{ j}^{-1}$), la vidange est donc un peu plus rapide. Les réserves d'Elsenborn semblent ainsi plus importantes que celles de Nidrum. Les débits observés à la fin de l'été (période de basses eaux) sont plus élevés dans les drains d'Elsenborn que dans celui de Nidrum ($0,17 \text{ m}^3/\text{h}$ par mètre de drain contre $0,04 \text{ m}^3/\text{h}$). L'analyse de l'amplitude des variations du débit ($Q_{\text{max}}-Q_{\text{min}}$) et du délai de réaction aux précipitations apportent encore d'autres informations. Pour Elsenborn, ils indiquent des infiltrations rapides mais limitées lors des épisodes pluvieux (délai de réaction: max 24-48 h), correspondant davantage à des nappes superficielles. Ces observations sont ainsi en contradiction avec l'analyse précédente, à savoir que les drains seraient alimentés par une nappe profonde (aquifère fissuré). *Les réactions observées lors des épisodes pluvieux pourraient alors résulter de phénomènes plus locaux à proximité des ouvrages drainants ou dans l'axe du vallon où l'épaisseur non saturée et les conditions d'infiltration sont plus favorables* (SGS, 2006). Par contre, l'analyse de l'hydrogramme du drain Nidrum corrobore l'hypothèse de l'alimentation par une nappe plus profonde. Les infiltrations dans son bassin d'alimentation sont importantes et relativement lentes vers la nappe (délai de réaction: maximum 8 à 10 jours). Ces données semblent attester de l'absence (ou la faible importance) des écoulements hypodermiques dans le manteau d'altération pour l'alimentation de ce captage.

Quelques niveaux piézométriques (janvier 2005 & mai 2015) couplés avec la cote des drains permettent de déterminer la direction générale de l'écoulement des eaux souterraines (Figure IV.7). La surface de la nappe semble globalement parallèle à la surface topographique. L'écoulement souterrain suit les pentes topographiques, en direction de ses exutoires naturels (sources, ruisseaux). Au droit du site 'Elsenborn', les eaux souterraines s'écoulent vers le nord et le nord-est. A Nidrum, l'écoulement est dirigé vers l'ouest et le nord-ouest en direction de la vallée du Zosterbach. Une crête hydrogéologique se situe au niveau du village d'Elsenborn. Elle correspond approximativement à la crête topographique entre les bassins hydrographiques de la Roer et de la Warche. Cependant, il faut noter que la ligne de partage des eaux souterraines est mobile au cours du temps. Il serait également nécessaire de collecter plus de données piézométriques dans cette zone pour préciser cette crête hydrogéologique. Il est très probable que le bassin hydrogéologique des captages d'Elsenborn, au niveau de sa limite méridionale, ne corresponde pas totalement au bassin hydrographique (SGS, 2006). Les cotes piézométriques relevées en mai, sur le site de Nidrum, sont inférieures à celles mesurées en janvier. Cette différence est de quelques mètres à quelques décimètres, selon la position du forage par rapport à l'axe drainant, le ruisseau du Zosterbach (SGS, 2016).

Les essais de pompage ont montré que les conductivités hydrauliques sont très variables: les axes de fracturation constituant des zones plus perméables (10^{-5} à 10^{-3} m/s) au sein d'un massif globalement peu perméable (10^{-8} à 10^{-6} m/s)(SGS, 2006). Lors du forage du nouveau puits à Nidrum, le débit a augmenté avec la profondeur, attestant que le forage rencontre des zones plus perméables associées aux horizons fracturés. Les essais de pompage réalisés ont permis de déduire une conductivité hydraulique, au droit du nouveau puits, assez faible, de l'ordre de 2 à 6×10^{-7} m/s. Elle augmente après un certain temps, quand des zones plus perméables sont atteintes, avec des valeurs comprises entre 1 à 4×10^{-6} m/s (SGS, 2016).

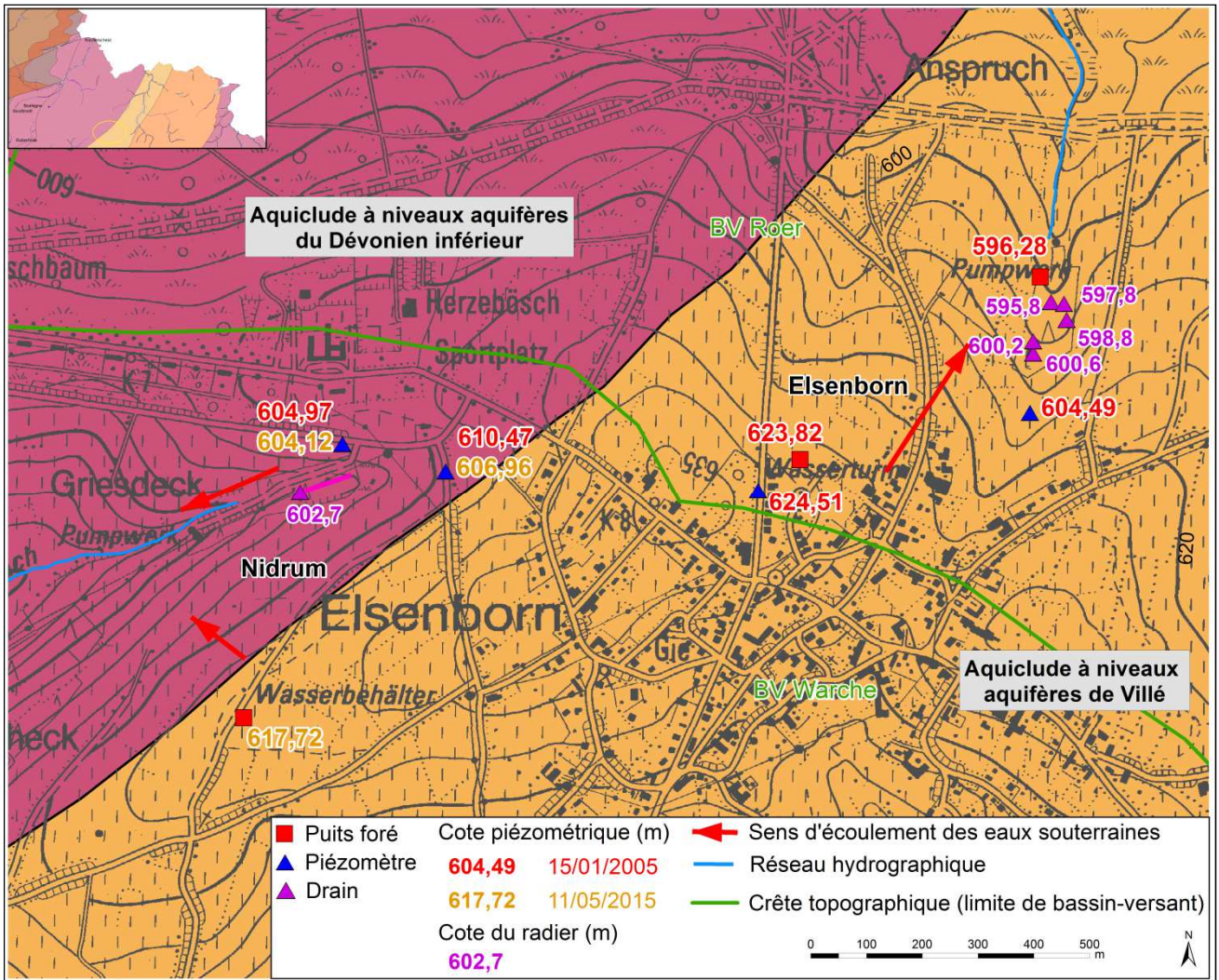


Figure IV.7: Site d'Elsenborn-Nidrum - AC Bütgenbach

IV.2.3 Coupe hydrogéologique

Une coupe hydrogéologique a été dressée au 1/25.000 sans exagération verticale. La coupe est orientée nord-ouest – sud-est et elle recoupe la plupart des formations géologiques rencontrées sur la carte. Elle a été tracée d'après les cartes géologiques de Geukens (1999) et de Vandenven (1990). Elle débute au niveau du Massif de Stavelot. Ensuite, elle entre dans le Synclinorium de l'Eifel, avec les terrains du Dévonien inférieur. Le but de cette coupe est de donner au lecteur un aperçu de la géologie et de l'hydrogéologie de la région (coupe illustrative). Les unités hydrogéologiques traversées par la coupe sont l'aquiclude et l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur, ainsi que l'aquiclude à niveaux aquifères de Villé. Deux unités hydrogéologiques du Cambro-silurien sont aussi concernées, les aquicludes à niveaux aquitards ou à niveaux aquifères. Les niveaux piézométriques disponibles sont reportés sur la coupe hydrogéologique. Ces quelques niveaux d'eau sont très proches de la surface topographique (nappe logée dans le manteau d'altération, nappe subaffleurante).

IV.2.4 Caractère des nappes

Le caractère des nappes rencontrées est spécifié : nappe libre, nappe semi-captive (semi-libre) ou nappe captive. Sur cette carte, toutes les nappes ont été placées en nappe libre. Cette détermination est basée sur le contexte géologique et hydrogéologique régional. Les nappes profondes sont souvent sous pression, les venues d'eau sont rencontrées en profondeur et le niveau de la nappe remonte et se stabilise près de la surface. La nappe supérieure qui est logée dans le manteau d'altération est toujours libre. Sur la carte Elsenborn-Langert & Dreierrenwald, toutes les nappes sont considérées comme des nappes libres. En effet, c'est le caractère de la première nappe rencontrée qui est spécifié, ici la nappe superficielle dans les terrains altérés. De plus, à l'échelle du 1/50.000, il est difficile de représenter cartographiquement le caractère local de la captivité de l'aquifère fissuré profond.

IV.2.5 Piézométrie de la carte Elsenborn-Langert & Dreierrenwald

Les données piézométriques disponibles sont très peu nombreuses pour les unités hydrogéologiques de la carte Elsenborn-Langert & Dreierrenwald. Elles concernent un nombre limité d'ouvrages. On note aussi l'absence de données historiques. Ainsi, des cotes ponctuelles, avec la date de prise de la mesure, sont reportées sur la carte principale (1/25.000).

A défaut d'une couverture piézométrique complète permettant de détailler le sens de l'écoulement souterrain, le niveau de la nappe ou encore le gradient piézométrique, seules des 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 trois-quarts de la carte appartiennent au bassin de la Roer. Le coin sud-ouest est drainé par la Warche, tandis que le coin nord-ouest par la Helle. Ces cours d'eau constituent le niveau de base des aquifères qu'ils recoupent. Il faut noter, cependant, que le bassin hydrogéologique ne correspond pas toujours exactement au bassin hydrographique. Ceci a, ainsi, été mis en évidence sur le site de captage d'Elsenborn-Nidrum.

Dans les unités hydrogéologiques de nature gréseuse, schisto-gréseuse, quartzitique ou quartzophylladeuse, on rencontre généralement deux types de nappes: nappe superficielle et nappe profonde. Ce schéma se retrouve dans les mesures piézométriques. Des niveaux d'eau peu profonds sont relevés, quelques décimètres à quelques mètres par rapport à la surface topographique, indiquant une nappe subaffleurante. 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 localement être 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 le territoire correspondant à cette carte, quelques anciennes concessions minières sont connues à l'est de Bütgenbach (essentiellement mines de fer). On note aussi des anciennes zones d'activités économiques désaffectées. Ces sources potentielles de pollution sont donc des lieux à surveiller.

Un inventaire de ces données est disponible auprès des autorités régionales (D GARNE et D GATLPE). 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 Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald, un seul site est répertorié dans cette banque de données: l'ancienne gare de Sourbrodt (LG8002-002).

Dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive cadre sur l'eau (Directive 2000/60/CE), le Service Public de Wallonie a établi un programme de surveillance des 33 masses d'eau définies en Wallonie (http://environnement.wallonie.be/directive_eau). Au niveau des eaux souterraines, un réseau de surveillance de l'état quantitatif et qualitatif a été élaboré et finalisé en décembre 2006. Deux masses d'eau souterraines, appartenant au district de la Meuse, sont localisées sur la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald: RWM 100 et RWM 102 (Figure V.1).

La quasi totalité de la masse d'eau souterraine RWM 102, **Grès et schistes du massif ardennais: bassin de la Roer**, est localisée sur la carte étudiée. D'une superficie totale de 110 km² (dont 98 sur cette carte), elle est constituée de dépôts du Dévonien inférieur et du Cambro-ordovicien. Au vu de la faible pression des activités humaines, l'état qualitatif de cette masse d'eau est jugé comme 'bon'. Aucune étude de l'état quantitatif n'est réalisée (D GARNE-DESO et Protectis-Cellule DCE, 2010).

La seconde masse d'eau souterraine, RWM 100, **Grès et schistes du massif ardennais: Lesse, Ourthe, Amblève**, occupe les zones nord et sud de la carte étudiée sur environ 22 km². Sa superficie totale de l'ordre de 3300 km² est composée de roches datant du Dévonien inférieur et du Cambro-silurien. L'analyse qualitative de cette masse d'eau n'est réalisée que pour les teneurs en nitrate et elle est jugée comme 'bonne'. En ce qui concerne l'état quantitatif, l'équilibre entre les

prélèvements et la recharge en eau souterraine est jugé comme 'bon' (DGARNE-DESO et Protectis-Cellule DCE, 2010).

Sur le territoire de la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald, on compte 4 points du réseau de surveillance (dont deux sites du réseau additionnel, ADD). Ils concernent les masses d'eau RWM021 et RWM023 (Figure V.1). Il s'agit de:

- Camp Militaire P6 (puits, 9 m de profondeur): 50/3/6/006
- Lichtenbrett (source): 50/4/6/001
- Weywertz IV (drain): 50/3/8/001 (ADD)
- Elsenborn DR4 - Quellfassung (Richelsbend)(drain): 50/3/9/002 (ADD)

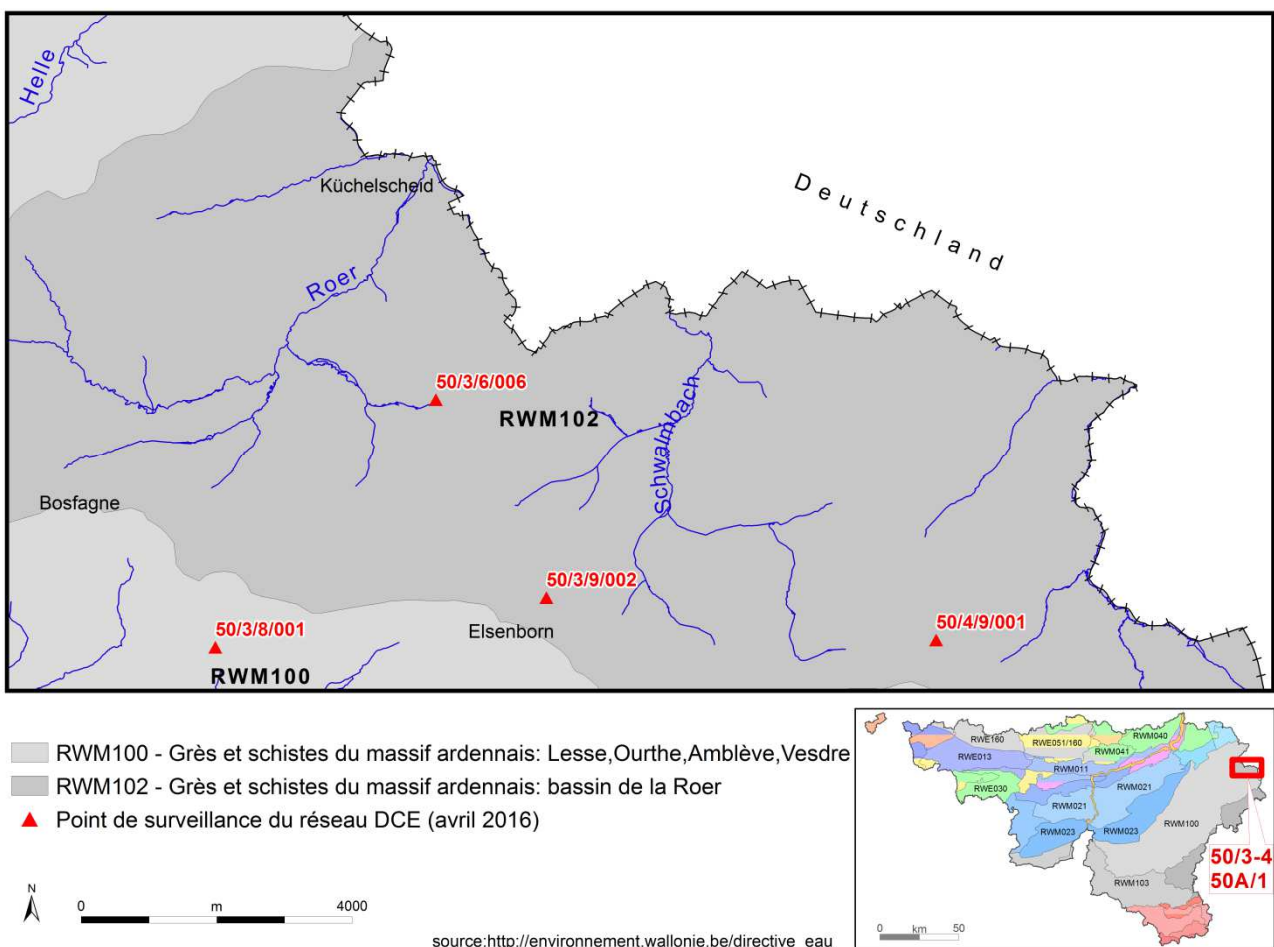


Figure V.1: Carte des masses d'eau souterraine – Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald

V.1 CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

V.1.1 Généralités

Identifier rapidement les faciès hydrochimiques des eaux souterraines fait partie des étapes de caractérisation des nappes aquifères. Le diagramme de Piper est l'une des représentations graphiques couramment utilisées pour définir les types d'eau. Le diagramme de Piper est composé de deux diagrammes ternaires dans lesquels sont reportés les proportions en cations et en anions. Le troisième diagramme reprend une synthèse des deux précédents et permet de rapidement caractériser l'eau analysée. Chaque sommet des triangles représente 100% d'un des trois constituants. Pour les cations, on représente en général Ca^{++} , Mg^{++} et $Na^+ + K^+$ tandis que pour les anions, il s'agit de Cl^- , SO_4^{--} et $HCO_3^- + CO_3^{--}$, avec parfois NO_3^- (proportions relatives).

Cette méthode graphique appliquée à plusieurs prises d'eau souterraine de la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrnwald permet d'obtenir les résultats de la figure V.2. Il s'agit d'un aperçu partiel de la composition chimique des eaux souterraines de cette région. De fait, nous ne disposons pas d'analyses chimiques complètes des eaux de l'ensemble des unités hydrogéologiques définies. Seuls l'aquiclude à niveaux aquifères (ACF) de Villé et l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur sont abordés dans ce diagramme. Les eaux souterraines de ces deux unités hydrogéologiques sont majoritairement chlorurées et sulfatées calcique et magnésienne, signature des grès et des schistes (lithologie de la région).

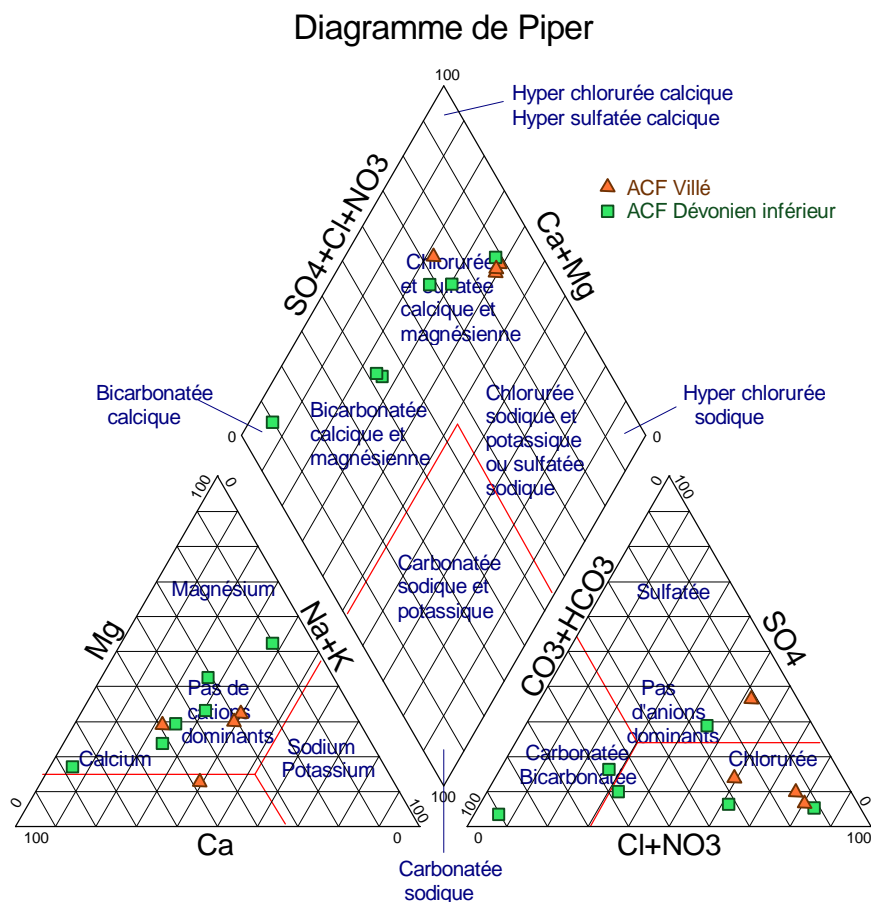


Figure V.2 Diagramme de Piper des eaux souterraines de la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrnwald

V.1.2 Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

L'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur de la zone étudiée regroupe trois assises géologiques à savoir l'Emsien inférieur, le Siegenien inférieur et le Gedinnien. Des analyses hydrochimiques de quelques captages sont présentées dans les tableaux V.1 & V.2. De manière générale, il s'agit d'eau douce, acide (à neutre) et de faible minéralisation. Deux types d'eau se distinguent à la lecture des tableaux: d'une part, une eau chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne et, d'autre part, une eau bicarbonatée calcique et magnésienne. Dans cette dernière catégorie, l'eau du forage 'Voie des Hôtes' est marquée par des teneurs en calcium et en bicarbonates nettement plus élevées que les autres captages. Ce puits est implanté dans le Gedinnien (comme la galerie 'Robertville') et la présence d'un ciment calcique dans le poudingue explique sans doute ces valeurs. Les pH mesurés sont, en général, faibles (acides), parfois inférieurs à la norme minimale (6,5). Les pH basiques sont observés au droit des ouvrages présentant une conductivité et une dureté plus élevées. Pour certains éléments, on constate le dépassement, parfois important, des normes-guides de rigueur en Wallonie. Les valeurs élevées en fer et manganèse sont d'origine naturelle (lithologie de la roche-réservoir). Par contre, les concentrations en produits azotés témoignent d'une pollution anthropique.

Tableau V.1: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien Inférieur – Prises d'eau destinées à la distribution publique

Élément	Unité	Niveau-guide RW	Robertville-Lac		Weywertz I	Weywertz IV	Weywertz VI	Küchelscheid	Regenberg P3
			Galerie		Drain	Drain	Puits 80m	Puits 85m	Puits 120m
		Code de l'Eau	06/03/2012	17/02/2016	24/04/2003	03/04/2012	05/12/2002	29/07/2003	10/06/2016
pH	unités pH	6,5 à 9,5	<u>5,72</u>	<u>5,8</u>	<u>5,6</u>	<u>6,3</u>	6,64	<u>6,2</u>	7,4
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	148	149	116	76	79	82	98
Dureté totale (TH)	° français	67,5	5,4	5,2	2,8	2,7	3,5	2,7	4,2
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	1,9	2,2	-	0,18	-	-	2,7
Calcium	mg/l	270*	13	12,6	2	4,6	4,6	8,3	9,1
Magnésium	mg/l	50*	5,2	5,1	6,2	2,7	3,8	2,3	4,6
Sodium	mg/l	150	7,5	7,7	7,4	4,4	4,2	4,2	3,3
Potassium	mg/l	12	1	1,2	17	0,45	0,45	0,5	0,38
Strontium	µg/l	750**	54,7	65,7	<50	22	<10	30	10
Fer total dissous	µg/l	200*	<12	13	<100	9	<100	115	<75
Manganèse	µg/l	50*	0,8	1,3	<30	<4	23	13	<20
Zinc	µg/l	5000	7	26	<20	<4	<20	45	58
Plomb	µg/l	25	0,2	<0,05	<5	<4	<5	<5	<1
Sulfates	mg/l	250*	7,4 (06/10/10)	7,9	3	4,5	6	4	12
Chlorures	mg/l	200	22,5 (06/10/10)	19,9	21	7,9	5	8	4,4
Fluorures	mg/l	0,1	0,02(06/10/10)	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrates	mg/l	50	20,8	19,2	26	11,1	4	3	12
Nitrites	mg/l	0,1	<0,015	<0,025	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,02	<0,0125	<0,02	<0,05	<0,02	<0,02	<0,02
Silice	mg/l SiO ₂	-	7,5	7,1	-	6,4	<0,02	3,1	5,8
Carbonates	mg/l	-	-	-	<2	-	<0,02	<2	<12
Bicarbonates	mg/l	-	-	-	8,54	-	26	25,6	27

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

Tableau V.2: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien Inférieur - Puits privés

Élément	Unité	Niveau-guide RW	Outre-Warche	Am Rurbush	Voie des Hôtes
			Puits foré	Puits 25m	Puits 15m
		Code de l'Eau	Automne-Hiver 2011-2012		
pH	unités pH	6,5 à 9,5	<u>5,9</u>	7,1	7,2
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	97,1	168,6	258
Dureté totale (TH)	° français	67,5	3,3	7	15,2
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	1,3	2,7	15,9
Calcium	mg/l	270*	6,9	17,12	49,95
Magnésium	mg/l	50*	3,78	6,68	6,69
Sodium	mg/l	150	4,48	9,33	3,77
Potassium	mg/l	12	3,6	2,42	0,75
Strontium	µg/l	750**	<0,05	0,05	0,06
Fer total dissous	µg/l	200*	<u>270</u>	70	<u>1180</u>
Manganèse	µg/l	50*	40	20	<u>80</u>
Zinc	µg/l	5000	-	-	-
Plomb	µg/l	25	-	-	-
Sulfates	mg/l	250*	13,74	5,14	5,85
Chlorures	mg/l	200	7,12	21,99	6,45
Fluorures	mg/l	0,1	<0,08	<0,08	0,14
Nitrates	mg/l	50	15,2	26,03	2,11
Nitrites	mg/l	0,1	<0,08	<0,08	<0,04
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,1	0,18	<u>0,79</u>
Silice	mg/l SiO ₂	-	1	4,26	10,12
Carbonates	mg/l	-	<0,01	0,02	0,17
Bicarbonates	mg/l	-	15,91	32,86	193,51

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

V.1.3 Aquiclude à niveaux aquifères de Villé

L'unité hydrogéologique de Villé est distinguée des autres unités du Dévonien inférieur en raison de la présence de niveaux plus carbonatés. Ce caractère lithologique doit dès lors aussi se marquer dans les analyses hydrochimiques des eaux souterraines. A la lecture du tableau V.3, cette caractéristique ne ressort pas. Les concentrations en carbonates, bicarbonates et calcium ne présentent pas des valeurs nettement différentes que celles observées dans l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur (Tableaux V.1 & V.2). Les bancs calcaires de cette formation géologique sont moins développés dans la région étudiée, par rapport à d'autres zones de Wallonie.

Les eaux issues de l'aquiclude à niveaux aquifères de Villé sont des eaux douces, faiblement minéralisées et généralement acides. Les pH sont faibles et parfois inférieurs à la norme minimale (6,5). D'après les analyses disponibles, aucun dépassement de normes n'est observé. Il faut néanmoins noter que certains échantillons présentent des valeurs élevées en certains éléments (Zn, Fe, Mn). Les teneurs en nitrates sont inférieures à la norme régionale. Elles restent, cependant, non négligeables pour une région essentiellement forestière.

Tableau V.3: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquiclude à niveaux aquifères de Villé

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Elsenborn DR 4		Elsenborn P1	Nidrum Puits Nouveau	Wirtz	Bütgenbach
		Code de l'Eau	05/02/2002	08/05/2012	23/04/2003	26/05/2015	Automne-Hiver 2011-2012	
pH	unités pH	6,5 à 9,5	<u>6,09</u>	<u>5,9</u>	<u>5,65</u>	6,9	6,6	7,05
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	160	164	121	144,6	97,4	121,9
Dureté totale (TH)	° français	67,5	7,2	6	3,4	7,4	2,8	5,1
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	-	0,19	-	0,9	0,5	1,6
Calcium	mg/l	270*	8	8,5	6,7	16,4	8,92	12,75
Magnésium	mg/l	50*	5,6	5,2	3,9	6,31	1,42	4,59
Sodium	mg/l	150	10	10,8	7,4	4	3,53	5,58
Potassium	mg/l	12	5,1	3,5	3,9	0,65	8,21	1,68
Strontium	µg/l	750**	20	44	<50	46	<50	<50
Fer total dissous	µg/l	200*	<100	5	<100	<4	50	<10
Manganèse	µg/l	50*	<30	6	<30	316	0,01	<10
Zinc	µg/l	5000	227	27	<20	122	-	-
Plomb	µg/l	25	<5	<4	<5	<4	-	-
Sulfates	mg/l	250*	9	11,2	4	14,6	15,31	7,87
Chlorures	mg/l	200	37	25,1	22	4,3	4,27	10,93
Fluorures	mg/l	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,04	<0,08
Nitrates	mg/l	50	26	21,6	26	6,62	20,93	24,43
Nitrites	mg/l	0,1	<0,05	<0,02	<0,05	0,02	<0,04	<0,08
Ammonium	mg/l	0,5*	<0,02	<0,05	<0,02	<0,05	<0,02	0,12
Silice	mg/l SiO ₂	-	<0,02	5,6	6,2	10,6	4,71	3,65
Carbonates	mg/l	-	<0,02	-	<0,02	-	<0,01	0,01
Bicarbonates	mg/l	-	16	-	10,37	54,9	6,1	19,51

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

Les eaux de surface du bassin de la Schwalm ont été étudiées en détails (Leclercq & Fabri, 1982). Selon les analyses physico-chimiques, cette rivière est de type ardennais (définition voir note de bas de page n°8), caractérisé par un pH neutre et une concentration ionique faible et équilibrée. Les analyses montrent aussi une eau très pauvre en sels dissous et l'absence de tout élément d'origine organique (phosphates, ammoniacale, nitrites) en relation avec l'absence de toute installation humaine dans le bassin versant (prélèvements effectués entre octobre 1975 et avril 1979). La minéralisation entre l'amont et l'aval augmente peu. D'un point de vue microbiologique, ces eaux sont hyperoligotrophes.

V.1.4 Aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien

Une seule analyse est disponible pour caractériser les eaux de l'aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien. Les résultats de l'échantillon prélevé au drain 'Pannensterz' (Tableau V.4) montrent une eau acide, avec un pH bien en-deçà de la norme minimale. Comme les autres eaux souterraines de la région, il s'agit d'une eau douce et très faiblement minéralisée. Les teneurs en aluminium, manganèse et nickel sont relativement élevées, au-delà de la norme. Les concentrations en zinc sont aussi à surveiller. Un traitement est donc nécessaire avant la mise sur le réseau de distribution publique. Les nitrates sont présents en faible quantité.

Tableau V.4: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien

Elément	Unité	Niveau-guide RW	Pannensterz DR
		Code de l'Eau	15/06/2004
pH	unités pH	6,5 à 9,5	<u>4.9</u>
Conductivité	µS/cm à 20°C	2100	53
Dureté totale (TH)	° français	67,5	1.6
Alcalinité totale (TAC)	° français	-	-
Calcium	mg/l	270*	1.6
Magnésium	mg/l	50*	1.3
Sodium	mg/l	150	2.2
Potassium	mg/l	12	0.49
Strontium	µg/l	750**	-
Fer total dissous	µg/l	200*	<100
Manganèse	µg/l	50*	<u>125</u>
Zinc	µg/l	5000	108
Plomb	µg/l	25	<5
Sulfates	mg/l	250*	9.3
Chlorures	mg/l	200	4.8
Fluorures	mg/l	0.1	0.12
Nitrates	mg/l	50	6.9
Nitrites	mg/l	0,1	<0.05
Ammonium	mg/l	0,5*	<0.02
Aluminium	µg/l	200	<u>685</u>
Nickel	µg/l	20	<u>22</u>

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

V.2 PROBLEMATIQUES DES NITRATES

Pour protéger les eaux contre la pollution par les nitrates, plusieurs « zones vulnérables » ont été désignées par arrêtés ministériels (Figure V.3). 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'actions précis dont les mesures ont été arrêtées dans le code de "bonne pratique agricole" du Programme de Gestion Durable de l'Azote en agriculture (PGDA). Pour plus d'informations, voir www.nitrawal.be, ainsi que le Livre II du Code l'Environnement ([Code de l'Eau](#)).

A ce jour, la région d'Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald n'est concernée par aucune zone vulnérable aux nitrates.

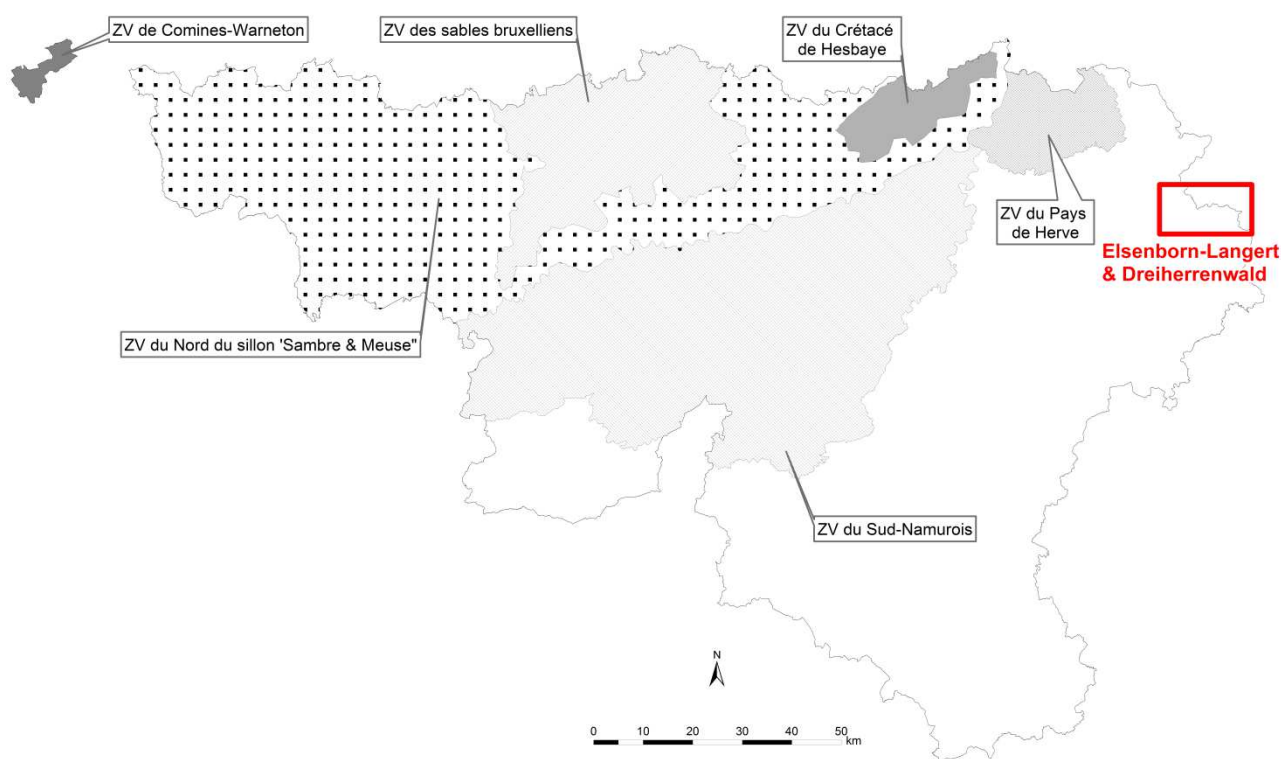


Figure V.3: Zones vulnérables aux nitrates - Région wallonne

Depuis plusieurs années, les teneurs des composés azotés, plus particulièrement les nitrates, font l'objet d'un suivi régulier de la part des compagnies d'eau et de l'administration wallonne (DGARNE-DESO). La présence de ce type de composé est principalement liée à l'épandage de fertilisants azotés en excédent par rapport aux besoins des cultures. Afin d'enrayer cette altération de la qualité des eaux souterraines, le Service Public de Wallonie a développé plusieurs stratégies et règlements concernant le monde de l'agriculture, comme le programme de Gestion Durable de l'Azote en agriculture ou le réseau 'Survey Nitrates' mis en place afin de suivre attentivement l'évolution de ces composés azotés dans les eaux souterraines.

Dans le cadre de ce réseau de surveillance, sept points de prélèvements, utilisés actuellement ou non, sont comptabilisés sur la zone Elsenborn-Langert. Répartis majoritairement dans la partie sud

de la zone, au niveau des espaces semi-urbanisés et agricoles, ils ne sont pas représentatifs de l'occupation majoritaire du sol puisque les espaces forestiers occupent 54 % de la superficie totale ([Chapitre II](#)).

Sur l'ensemble des analyses « Nitrates » disponibles pour cette zone, la teneur en nitrate reste inférieure à la norme de potabilité (soit 50 mg/l) et les valeurs maximales sont de l'ordre de 38 mg/l. Cette valeur peut être considérée comme non négligeable sachant que seulement 18 % de la superficie de la carte est classée en zone agricole dont la principale fonction est l'élevage bovin pour la production laitière.

La figure V.4 présente l'évolution des concentrations en nitrates depuis fin des années '90 de quelques prises d'eau souterraine. Le drain d'Andrifosse et la prise d'eau "Lac de Robertville" sont situés dans des milieux semi-urbanisés et agricoles tandis que le drain de Weywertz IV (Schalangenvenn) est localisé dans un espace forestier. L'occupation du sol au niveau du drain de Pannenster se définit entre ces deux configurations. Cet ouvrage est situé dans un espace agricole, semi urbanisé à l'orée d'un espace forestier. L'ensemble des concentrations sont inférieures à la norme de potabilité. On ne peut dégager de tendances nettes, ni à la hausse, ni à la baisse. Ces teneurs en nitrates sont fluctuantes sur la période d'observation. Une chute des concentrations en nitrates en 2006 au droit du captage 'Lac de Robertville' est observée.

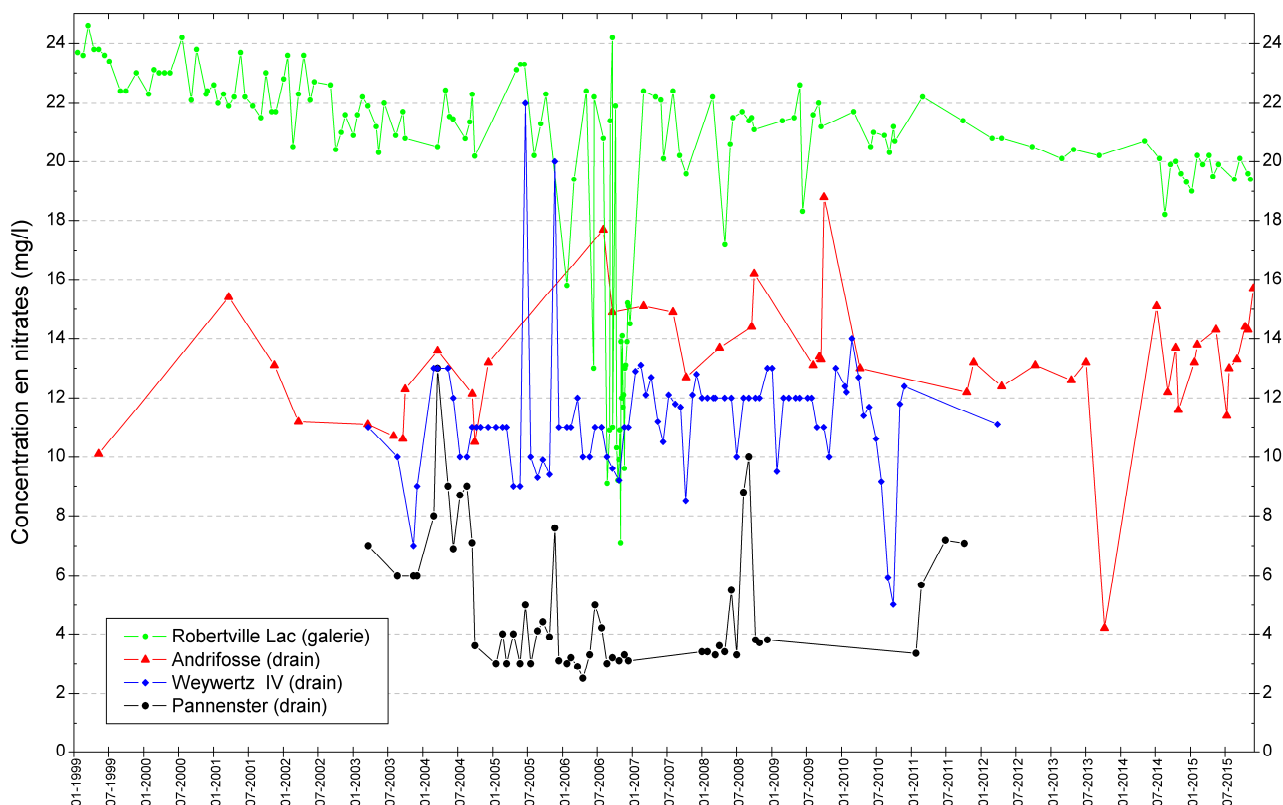


Figure V.4: Evolution des teneurs en nitrates – Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald

V.3 QUALITE BACTERIOLOGIQUE

Des micro-organismes (bactéries, virus, protozoaires...) dont certains peuvent être pathogènes pour l'homme sont présents naturellement dans l'eau. Ils peuvent notamment être transportés par

les matières fécales, vecteurs potentiels de micro-organismes pathogènes. Puisqu'il est techniquement et économiquement impossible de rechercher systématiquement tous les micro-organismes dans l'eau, la stratégie de contrôle de la qualité microbiologique de l'eau se base sur la présence de « bactéries indicatrices d'une pollution fécale » à savoir, germes totaux, coliformes, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* (entérocoques fécaux) et *Clostridium perfringens*. La norme pour la qualité microbiologique est de 0 colonie/100 ml.

Des analyses concernant les paramètres microbiologiques sont disponibles pour les captages publics de la carte Sart-Xhoffrai (Tableau V.6). D'après ces données, on note la présence de quelques éléments bactériologiques qui seront éliminés par la chloration de l'eau avant sa mise sur le réseau de distribution publique.

Tableau V.5: Paramètres microbiologiques – Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald

Paramètre	Unité	Norme de potabilité	Robertville Lac		Kuchelscheid	Weywertz IV		Weywertz VI	Elsenborn P1	Elsenborn DR4		Nidrum Nouveau Puits
			06/03/2012	07/02/2016	27/07/2003	24/03/2003	03/04/2012	05/12/2002	23/04/2003	05/12/2002	08/05/2012	26/05/2015
Germes totaux à 22°C	nb/ml	-	170	3	0	17	3	60	1	>300	200	250
Germes totaux à 37°C	nb/ml	-	0	3	0	<1	-	35	<1	7	-	-
Coliformes totaux	nb/10 Oml	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Coliformes fécaux	nb/10 Oml	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-
<i>Escherichia Coli</i>	nb/10 Oml	0	0	0	-	-	0	-	-	-	0	0
Entérocoques	nb/10 Oml	0	0	0	-	-	0	-	-	-	0	0
<i>Clostridium perfringens</i>	nb/10 Oml	0	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-

V.4 PESTICIDES

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

La figure V.5 montre l'impact des pesticides sur la qualité des eaux souterraines wallonnes. Cette carte illustre l'indicateur 'Pesticides dans les eaux souterraines (n°91)' de l'analyse des composantes de l'environnement présentée dans le rapport sur l'état de l'environnement wallon 'Les Indicateurs clés de l'Environnement Wallon 2012' (ICEW, 2012). Cet indicateur rend compte de manière simplifiée et globale de la qualité des eaux souterraines wallonnes par rapport aux

pesticides. Les indices¹⁰ de qualité révèlent que les aquifères investigués de la région d'Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald sont classés en catégorie 'Très Bonne' pour l'altération 'Pesticides'.

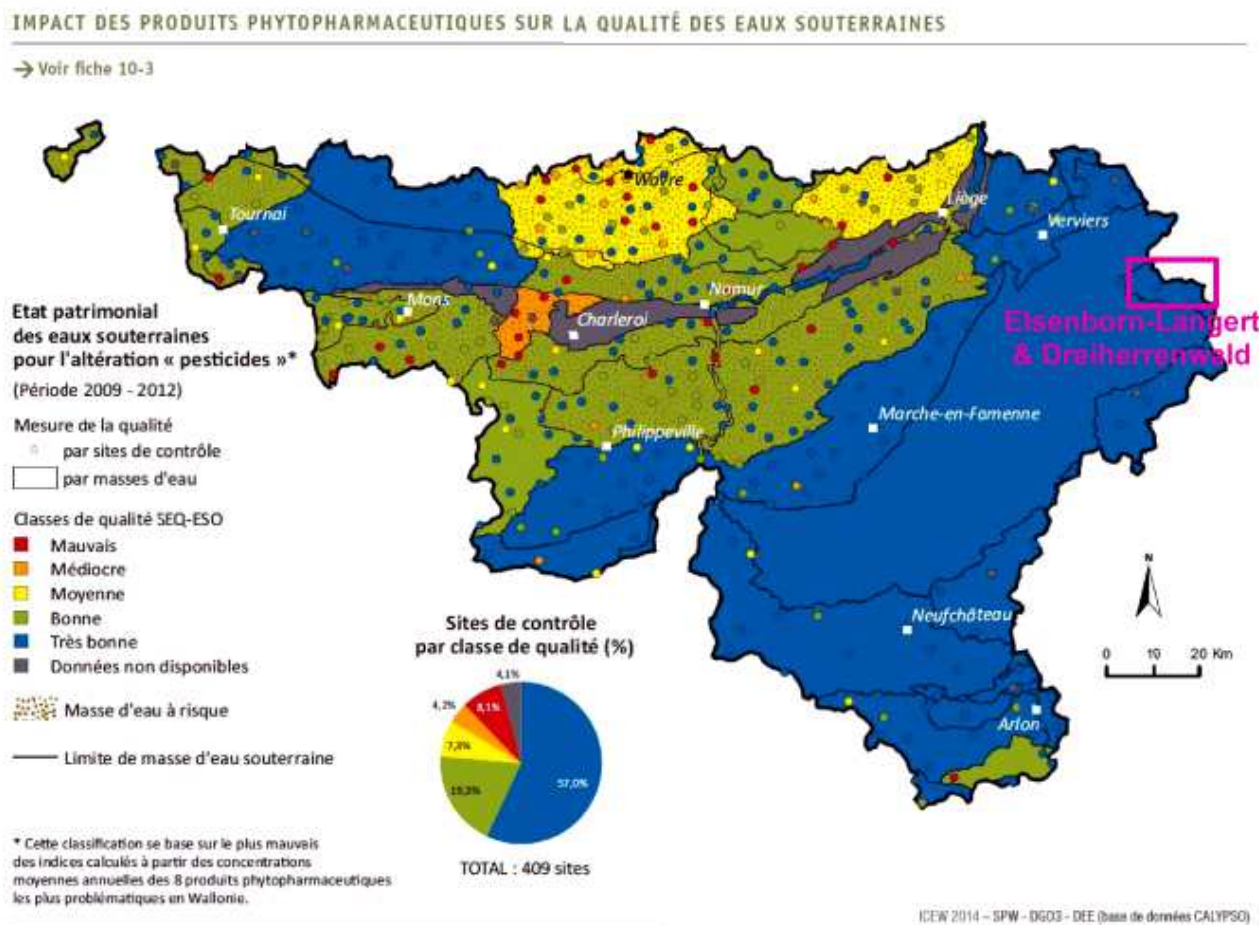


Figure V.5: Pesticides en Région wallonne (ICEW, 2012; carte 19 modifiée)

Des nouvelles dispositions réglementaires, en lien avec les produits phytopharmaceutiques, sont entrées en vigueur le 1^{er} juin 2015. La phytolice¹¹, nouveau certificat portant sur les connaissances des utilisateurs professionnels de produits phytopharmaceutiques, est obligatoire depuis le 25 novembre 2015. Ces mesures devraient contribuer à moyen et à long terme à la réduction des pesticides dans les eaux souterraines.

D'après les données disponibles, à ce jour, on n'observe pas de contamination marquée des eaux souterraines par les pesticides (Tableau V.7). Les concentrations, par produits ou pour l'ensemble des pesticides, restent largement sous la norme de potabilité. Les valeurs maximales admises par le Code de l'Eau pour la plupart de ces produits phytosanitaires (ici, essentiellement des herbicides) sont de 100 ng/l. Cinq types de pesticides sont systématiquement recherchés lors des analyses spécifiques: l'atrazine, la simazine, le diuron, l'isoproturon et le déséthyl-atrazine. D'après

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

¹¹ Infos disponibles sur http://agriculture.wallonie.be/pwrp/programme_resume.pdf & www.phytolice.be & <http://crphyto.be/>

les données disponibles, des traces 2,6-dichlorobenzamide ont été occasionnellement observées dans les eaux souterraines de la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrnwald, tout en restant sous la norme de potabilité.

Tableau V.6: Principaux pesticides analysés dans les eaux souterraines de la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrnwald

Pesticide	Niveau-guide	Andrifosse	Robertville Lac	Regenberg P3	Nidrum nouveau puits	Weywertz IV	Camp militaire P6
	Code de l'eau	18/02/2016	17/02/2016	10/06/2013	26/05/2015	03/04/2012	16/04/2013
Atrazine (ng/l)	100	<2	<2	<25	<1	<1	<10
Déséthyl Atrazine (ng/l)	100	<2	<2	<25	<1	<1	<10
Simazine (ng/l)	100	<2	<2	<25	<1	<1	<10
Diuron (ng/l)	100	<2	<2	<25	<1	<1	<10
Isoproturon (ng/l)	100	<2	<2	<25	<1	<1	<10
Chlortoluron (ng/l)	100	<2	<2	<25	<1	<1	<10
Bromacile (ng/l)	100	<2	<2	<25	<1	<1	<10
Bentazone (ng/l)	100	<2	<2	<25	<3	<3	<10
2,6-dichlorobenzamide (BAM)(ng/l)	200	8	12	<25	<1	<1	<10

VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES

Les ressources en eau souterraine de la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrwald sont sollicitées essentiellement pour la distribution publique d'eau potable. Sur la cinquantaine d'ouvrages de prise d'eau situés sur le territoire couvert par cette carte, environ deux tiers appartiennent soit à la Société Wallonne des Eaux, soit à l'Administration Communale de Bütgenbach. A côté de ces gros captages, beaucoup de prises d'eau, prélevant des volumes moindres, sont répertoriées sur la carte étudiée. Il s'agit des captages, dits privés, des industries, des agriculteurs, des particuliers, ainsi qu'au camp militaire d'Elsenborn.

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

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 (pastille rouge) et les prélèvements à usage privé¹² (pastille verte).

Les volumes présentés sont des volumes de l'année 2015 pour les ouvrages de distribution publique d'eau et de 2014 pour les « autres volumes ». Sur cette même carte, sont aussi reportés les volumes moyens sur 5 ans, ici 2010-2014. Ils illustrent de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la carte étudiée. Ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni de l'exploitation réelle des nappes. Elles reflètent simplement l'importance d'un site d'exploitation pendant les 5 années considérées. Parmi ces dernières, il se peut que certaines d'entre elles soient des années sans prélèvement.

¹² 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.

VI.1 SOCIETE WALLONNE DES EAUX (SWDE)

La SWDE exploite deux sites de captage sur la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald. Situés sur la commune de Waimes, ces deux prises d'eaux alimentent la localité de Robertville. Les volumes moyens prélevés sont de l'ordre de 9100 m³/an (soit ≈ 25 m³/j) pour le drain 'Andrifosse' et de 78 500 m³/an (soit ≈ 215 m³/j) pour la galerie du Lac (Figure VI.1). Ces deux ouvrages exploitent l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.

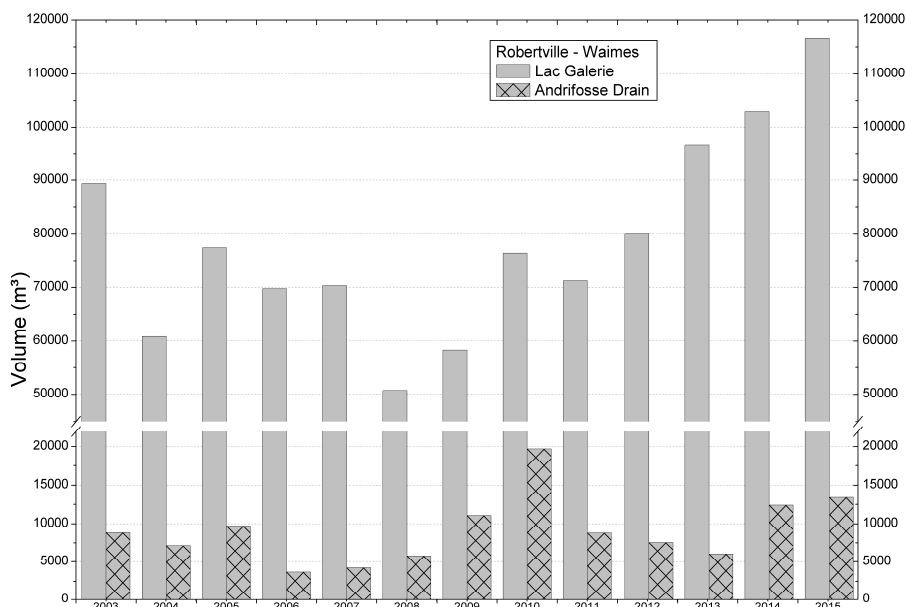


Figure VI.1: Volumes d'eau prélevés par le SWDE – Carte 50/3-4 & 50A/1

A titre indicatif, le captage de Sourbrodt, puits foré sollicitant les eaux logées dans les formations cambro-ordoviciennes, pompe en moyenne 300 m³/j (carte 50/2).

VI.2 ADMINISTRATION COMMUNALE DE BÜTGENBACH

L'administration communale de Bütgenbach assure elle-même l'alimentation en eau potable de sa population via plusieurs sites de captage. Sur la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald, on compte quatre sites: Elsenborn, Weywertz, Kuchelsheid et Pannensterz. Les ouvrages de prise d'eau sont majoritairement des drains (15 drains contre 5 puits forés). Les volumes prélevés varient fortement d'une prise d'eau à l'autre et d'un site à l'autre. Les figures VI.2 à VI.5 présentent les histogrammes des volumes d'eau prélevés depuis 2000 ou 2002 par site. Les unités hydrogéologiques sollicitées sont l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur et l'aquiclude à niveaux aquifères de Villé ainsi que les terrains du Cambro-ordovicien.

Plusieurs prises d'eau de la commune de Bütgenbach sont composées d'un ensemble de drains, pour lesquels les volumes prélevés sont mesurés via un compteur unique. Ce sont ces volumes qui sont renseignés à l'administration wallonne. Cependant, afin de donner une meilleure représentation des prélèvements par ouvrage, le volume total a été réparti, à part égale, sur tous les drains principaux de chaque site de prise d'eau, sur la carte thématique des volumes d'eau prélevés du poster A0. Sur la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald, cela concerne les drains d'Elsenborn et les drains de Weywertz (I, II.1, II.2, II.3, II.4 & III.1, III.2).

Le site d'Elsenborn-Nidrum compte plusieurs prises d'eau: 6 drains de longueur variable (entre 1 et 100 m) et 3 puits forés (profondeur entre 50 et 95 m). Les volumes d'eau extraits de ces ouvrages sont très variables (Figure VI.2). Le drain 'Nidrum', le plus long, capte en moyenne 54 200 m³/an, soit environ 150 m³/j. Le puits 'Winterborn' prélevait de l'ordre de 4000 m³/an, soit 11 m³/j. Suite à des problèmes techniques avec la pompe, cet ouvrage a été abandonné. Un nouveau puits a été foré à proximité et sera probablement mis en exploitation en 2016-2017. Le puits 'Trusch' prélève annuellement environ 6400 m³, soit 18 m³/j.. Les drains d'Elsenborn captent en moyenne 40 000 m³/an soit environ 120 m³/j.

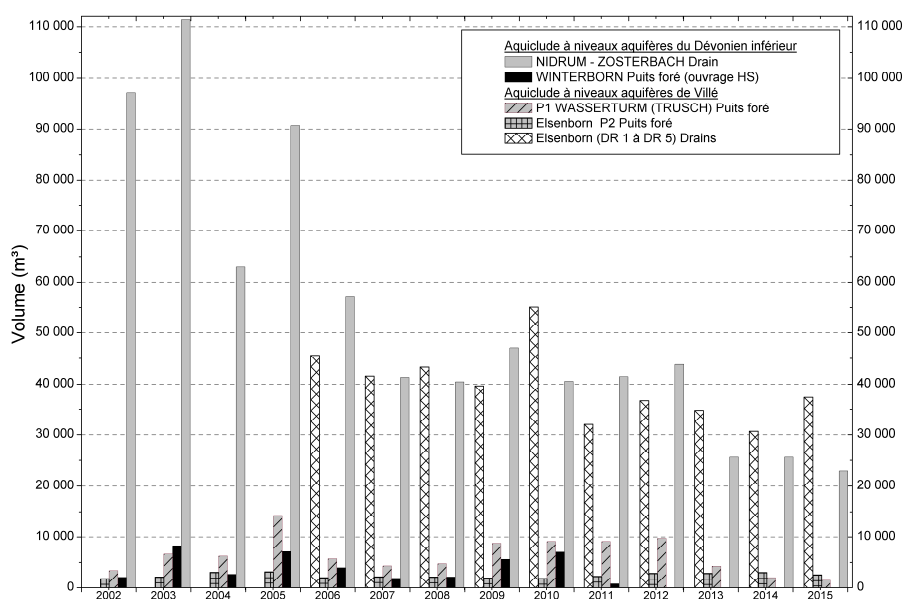


Figure VI.2: Volumes d'eau prélevés - Site d'Elsenborn (AC Bütgenbach)

Au nord du village Weywertz, on compte neuf drains (ou systèmes de drains) répartis sur cinq sites et un puits foré. Le volume d'eau extrait des drains est nettement plus élevé que le volume pompé dans le puits (Platte – VI). Annuellement, environ 250 000 m³ sont prélevés par les drains contre 5000 m³ au droit du puits (Figure VI.3). Le débit varie également d'un site de drains à l'autre, entre 70 et 220 m³/j. Le volume pompé au puits est aussi très variable, lié au fait que ce captage est utilisé en appoint des drains. Ces prises d'eau sollicitent l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur.

Le volume prélevé par les drains du site Weywertz III (III.1 et III.2) en 2014 n'est pas correct. Un problème avec le compteur a été détecté par la commune. Il semble que pour cette année-là, le volume extrait soit largement surévalué (< 110 000 m³ contre environ 35 000 m³ les années précédentes). Le volume réellement prélevé n'ayant pas pu être déterminé par la commune de Bütgenbach, cette information est à prendre en compte dans la lecture de la carte thématique dédiée aux volumes.

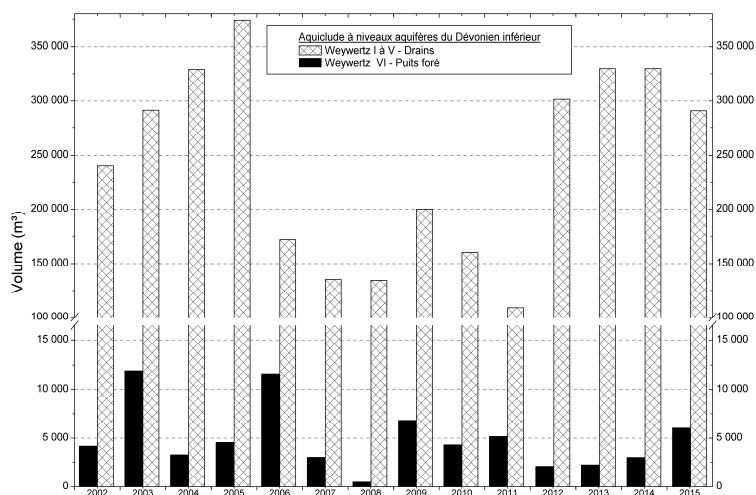


Figure VI.3: Volumes d'eau prélevés - Site de Weywertz (AC Bütgenbach)

Depuis 2000, le volume moyen pompé au droit du puits 'Kuchelscheid' est de l'ordre de 13 000 m³/an, soit environ 35 m³/j (Figure VI.4). Ces eaux sont issues des niveaux aquifères du Dévonien inférieur.

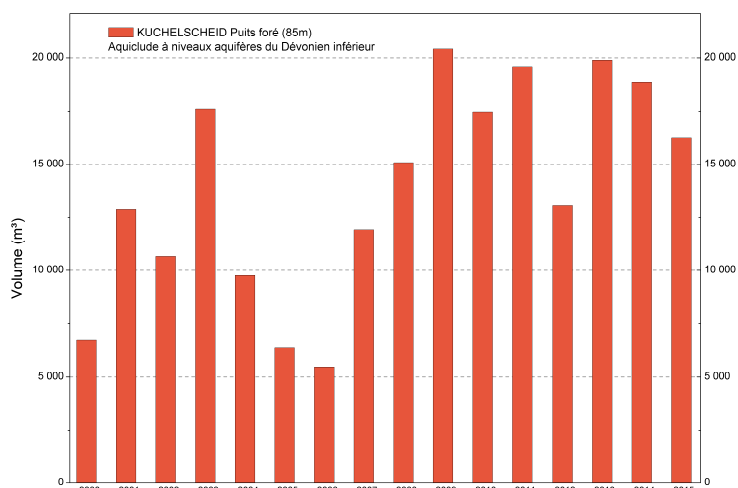


Figure VI.4: Volumes d'eau prélevés - Site de Kuchelscheid (AC Bütgenbach)

Le drain 'Pannensterz' situé dans le nord de la commune (longueur estimée: 25 m) sollicite les eaux logées dans l'aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien mais aussi certainement dans l'aquiclude à niveaux aquitards du socle cambro-silurien. Annuellement, environ 20 000 m³ sont prélevés, soit ≈ 55 m³/j (Figure VI.5).

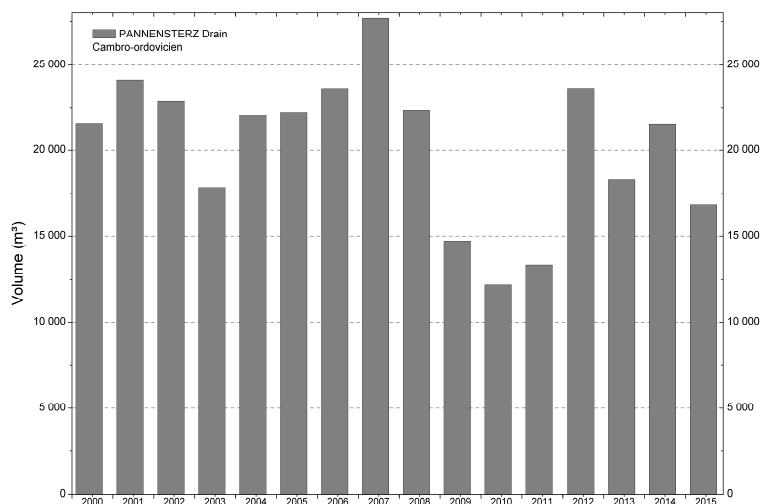


Figure VI.5: Volumes d'eau prélevés - Site de Pannensterz (AC Bütgenbach)

VI.3 CAPTAGES PRIVÉS

Plusieurs captages privés sont répertoriés sur la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrnwald. Ils appartiennent à des agriculteurs, des activités de service, des particuliers mais aussi au camp militaire d'Elsenborn. Ils sollicitent essentiellement l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur. D'un point de vue quantité d'eau prélevée, ces captages ne sont pas les exploitants majeurs. En effet, le volume prélevé par prise d'eau est compris entre quelques m³ à 1000 m³ par an. Des volumes plus élevés sont prélevés par les militaires (entre 10 000 et 15 000 m³ par an par puits).

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).

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.

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

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

Lithologie		K (m/s)
Granites et Gneiss	avec fissures	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-4}$
	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		$1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-2}$
Silts, 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'emmagasinement en nappe libre. A titre indicatif, le tableau VII.3 reprend quelques intervalles de valeurs de porosité totale et porosité effective de drainage (n_e) en fonction du type de roches. Comme pour la conductivité hydraulique, ce paramètre est dépendant de l'échelle d'investigation (laboratoire – terrain).

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

Lithologie	n (%)	n_e (%)
Granites et Gneiss	0,02 – 2	0,1 – 2*
Quartzites	0,5 – 2	0 – 2*
Shales (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 Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald n'ont pas fait l'objet d'études permettant de définir les paramètres hydrodynamiques des aquifères. Quelques tests ont été réalisés au droit des forages des sites de captage sollicitant les terrains du Dévonien inférieur.

VII.1 AQUICLUDE A NIVEAUX AQUIFERES DU DEVONIEN INFERIEUR

Sur le site "Robertville-Lac" de la SWDE, des tests de pompage et de traçage ont été menés dans les deux piézomètres, Pz2 et Pz3. En avril 2000, des essais de pompage (24 h, avec remontée) ont eu lieu. Les conductivités hydrauliques sont comprises en 2 et 4×10^{-4} m/s, en pompage et, entre 1,5 et $3,9 \times 10^{-4}$ m/s en remontée. Les deux piézomètres semblent bien alimentés (SWDE, 2003). Trois tests de traçage ont été réalisés sur ces forages. Un seul a fourni des données interprétables: injection de naphthionate au Pz2, échantillonnage à la galerie (Tractebel, 2004). Les résultats, à l'échelle locale, sont une vitesse maximale (1^{ère} arrivée) de 22,5 m/h, une vitesse modale (pic) de 9,78 m/h, correspondant à une porosité cinématique de 0,26 %, une dispersivité longitudinale de 10 m et une dispersivité transversale de 2 m (distance d'observation: 35 m). Ces paramètres attestent d'une circulation d'eau souterraine rapide, dans une zone fissurée de l'aquifère. Le traceur injecté au Pz3 n'a pas été détecté à la galerie. Cela est sans doute lié au fait que ce piézomètre est crépiné sous le niveau du radier de la galerie et qu'il n'est pas localisé (comme Pz2) dans l'axe de la galerie.

Sur le site de Weywertz (AC Bütgenbach), le puits foré 'Weywertz VI – Platte' a fait l'objet d'un essai de pompage (SGS, 2005a). Le débit d'exploitation est de l'ordre de $5 \text{ m}^3/\text{h}$. La conductivité hydraulique moyenne au droit du puits est relativement faible, de l'ordre de $3,7 \times 10^{-7}$ m/s (essai par paliers). Les valeurs de perméabilité augmentent après un certain temps (le cône de rabattement atteint des zones plus perméables), comprises entre 2,7 et $8,9 \times 10^{-6}$ m/s (17 jours de pompage). Cette évolution est sans doute liée à un changement de lithologie (passées plus gréseuses, plus fracturées...).

Dans le camp militaire d'Elsenborn, des essais de pompage ont été effectués sur le site 'Vennbach' (SGS, 2007). Ce site comporte six puits de large diamètre et de faible profondeur. Les conductivités hydrauliques calculées sont comprises entre 1×10^{-4} et 1×10^{-3} m/s au droit des axes de fracturation et entre 3×10^{-6} et 5×10^{-5} m/s dans le massif moins fracturé. Les coefficients d'emmagasinement sont assez variables, compris entre 0,8 % et 1,8 %, Ces valeurs sont relativement faibles pour une nappe libre mais témoignent aussi d'un aquifère fissuré.

Les essais de pompage réalisés sur le puits foré de Kùchelscheid (AC Bütgenbach) montrent, comme pour d'autres puits testés, des valeurs de conductivité hydraulique faibles à proximité du puits ($2,7 \times 10^{-7}$ m/s). Les perméabilités augmentent ensuite légèrement lorsque le cône de rabattement atteint des zones plus perméables ($\approx 9,5 \times 10^{-7}$ m/s)(SGS, 2005b).

A Regenber, plusieurs essais de pompage ont été réalisés sur les trois forages (par paliers de débits croissants et de longue durée). *Les conductivités hydrauliques du bed-rock non ou peu fissuré sont relativement faibles, de l'ordre de 1 à 8×10^{-7} m/s. Les puits P2 et P3 sont implantés*

dans ce type de milieu. Dans les zones plus fissurées, on atteint des valeurs 10 fois plus importantes, comprises entre 2 et 6×10^{-6} m/s. Le puits P1 est implanté à proximité immédiate d'une zone faillée et de zones fracturées secondaires particulièrement perméables avec des valeurs de l'ordre de 2 à 5×10^{-5} m/s. Les coefficients d'emmagasinement sont compris entre 0,21 et 1,1 % (moyenne 0,55 %). Ils sont caractéristiques d'un aquifère fracturé (SGS, 2015).

VII.2 AQUICLUDE A NIVEAUX AQUIFERES DE VILLE

Le site de captage *Elsenborn-Nidrum* (AC Bütgenbach) compte plusieurs puits d'exploitation et piézomètres. Des essais de pompage et des tests de traçage ont été réalisés dans le cadre de l'établissement des zones de prévention (SGS, 2006). Une synthèse des résultats est présentée ci-dessous (Tableau VII.4). Des essais par paliers ont d'abord été effectués pour fixer le débit des essais de longue durée. Ces derniers ont duré plusieurs jours, jusqu'à 50 jours. Les valeurs de conductivité hydraulique varient beaucoup au cours des essais, attestant que des zones plus ou moins perméables sont atteintes par le cône de rabattement. Des contrastes importants sont également observés d'un forage à l'autre. Ces observations mettent en évidence le caractère hétérogène de l'unité hydrogéologique, présence d'axes de fracturation dans un massif globalement peu perméable. Les conductivités hydrauliques observées au droit des puits sont parfois faibles, parfois élevées révélant que certains ouvrages sont implantés à proximité d'axe(s) de fracturation important(s) (P1, Pz3, Pz4). D'autres puits présentent des perméabilités faibles, témoignant qu'ils sont forés dans le bed-rock peu fracturé (P2, Pz2, Nidrum puits). Les quelques coefficients d'emmagasinement estimés sont aussi assez variables. Ils sont relativement faibles pour une nappe libre (en moyenne 0,2 %), principalement dans les axes de fracturation (inférieurs à 0,1 %), indiquant la présence d'un aquifère fissuré.

Tableau VII.4: Synthèse des paramètres hydrogéologiques - Site Elsenborn-Nidrum (SGS, 2006)

Ouvrage	Transmissivité (m ² /s)	Conductivité hydraulique (m/s)	Coefficient d'emmagasinement
Elsenborn P2	1×10^{-4} à $4,8 \times 10^{-6}$	$1,3 \times 10^{-6}$ à $6,4 \times 10^{-8}$	/
Pz1	$1,5 \times 10^{-2}$ à $5,4 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-3}$ à $3,9 \times 10^{-4}$	/
Pz2	$1,3 \times 10^{-5}$ à $2,9 \times 10^{-6}$	$3,4 \times 10^{-7}$ à $7,3 \times 10^{-8}$	/
Elsenborn P1	$1,5 \times 10^{-3}$ à $7,1 \times 10^{-7}$	$4,3 \times 10^{-5}$ à $1,8 \times 10^{-8}$	/
P1/Pz2	$2,3 \times 10^{-3}$ à $8,5 \times 10^{-5}$	$4,4 \times 10^{-5}$ à $2,2 \times 10^{-6}$	$9,7 \times 10^{-4}$ à $6,7 \times 10^{-3}$
P1/Pz3	$6,7 \times 10^{-3}$ à $8,2 \times 10^{-5}$	$1,7 \times 10^{-4}$ à 2×10^{-6}	$5,2 \times 10^{-4}$
P1/P2	$2,7 \times 10^{-3}$ à $2,6 \times 10^{-4}$	$7,2 \times 10^{-5}$ à $2,9 \times 10^{-6}$	$1,3 \times 10^{-3}$
Pz3	$6,4 \times 10^{-5}$ à $1,5 \times 10^{-3}$	$3,5 \times 10^{-6}$ à 8×10^{-5}	/
Pz4	$4,7 \times 10^{-4}$ à $1,5 \times 10^{-5}$	$4,3 \times 10^{-5}$ à $1,4 \times 10^{-6}$	/
Nidrum puits ancien (remblayé 2016)	$2,3 \times 10^{-5}$ à 3×10^{-4}	$2,1 \times 10^{-7}$ à $2,7 \times 10^{-6}$	/

Les essais de pompage menés sur le nouveau puits en mai 2015 ont fourni des valeurs de paramètres hydrodynamiques semblables (SGS, 2016). Les conductivités hydrauliques au droit du nouveau puits sont assez faibles, de l'ordre de 2 à 6×10^{-7} m/s. Elles augmentent ensuite après un certain temps lorsque le cône de rabattement atteint des zones plus perméables avec des valeurs de l'ordre de 1 à 4×10^{-6} m/s. Elles rediminuent ensuite fortement pour les durées de pompage les

plus importantes (3×10^{-7} m/s) lorsque le cône de rabattement atteint des zones moins perméables ou des limites d'alimentation (éventuellement en liaison avec le contexte topographique et la position de l'ouvrage sur une crête). Le coefficient d'emménagement de l'aquifère a été estimé à 0,16 %.

Lors de la réalisation du puits P2 (SWDE, 2000), des essais de pompage avaient été effectués. Les valeurs de transmissivité et de conductivité hydraulique obtenues sont, respectivement, de $1,07 \pm 0,8 \times 10^{-4}$ m²/s et $1,34 \pm 1 \times 10^{-6}$ m/s (épaisseur estimée de l'aquifère: 80 m).

Des essais de traçage ont été réalisés à partir des 4 piézomètres, avec surveillance des drains et du puits d'exploitation (SGS, 2006). Les vitesses maximales (1^{ère} arrivée) s'échelonnent entre 2,61 m/h et 18,75 m/h. Les vitesses modales (pic) sont comprises entre 0,43 et 4,16 m/h. Les taux de restitution, assez faibles (0,2 à 2 %), sont expliqués par le bureau d'études en partie par les phénomènes d'adsorption des traceurs utilisés dans la formation aquifère (remplissage argileux des fissures). L'interprétation par modèle analytique des courbes de restitution (logiciel Win Trace) permet d'estimer une dispersivité longitudinale comprise entre 14 et 29 m et des estimations de la porosité effective de transport de 3,1 % (Pz1), 2,3 % (Pz3) et 0,06 % (Pz4).

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 wallonne¹³ 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

¹³ 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)

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

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

A défaut de données suffisantes permettant la délimitation de 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(I, II, III) 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 2009¹⁴.

La Société publique de Gestion de l'Eau¹⁵ assure la gestion financière des dossiers concernant la protection des eaux potabilisables distribuées par réseaux, par le biais de contrats de service passés avec les producteurs d'eau. Pour financer les recherches relatives à la délimitation des zones de prévention et indemniser tout particulier ou toute société dont les biens doivent être mis en conformité avec la législation, une redevance est prélevée sur chaque m³ fourni par les sociétés de distribution d'eau.

¹⁴ 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)

¹⁵ SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999

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

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

VIII.2 ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES DE LA SWDE

La société wallonne des eaux exploite, sur la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrnwald, deux sites de captage: Robertville-Lac (galerie) et Andrifosse (drain)(Figure VIII.1). Les zones de prévention de la prise d'eau Robertville Lac G1 (code SPW SWDE082) située sur la commune de Waimès ont été définies sur base du calcul du temps de transfert (zone IIa) et en tenant compte du bassin d'alimentation de la galerie (zone IIb). Ces limites ont été localement déplacées pour correspondre avec des limites matérialisables sur le terrain. Ces zones ont été arrêtées par le Gouvernement Wallon en date du 31 août 2006: *Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée des ouvrages de prise d'eau souterraine dénommés Robertville-Lac G1, Puits communal P1-Sourbrodt, sis sur le territoire de la commune de Waimès (M.B. 12.10.2006)*.

Les zones de prévention du drain captant 'Andrifosse' ne sont pas encore officiellement définies. Les zones à définir sont symbolisées sur la carte hydrogéologique par un triangle vide, tracé autour du captage. En l'absence de données, il convient habituellement de se référer provisoirement aux distances fixes forfaitaires définies dans la législation soit:

- Pour la zone IIa : une distance horizontale minimale de 35 mètres à partir des installations de surface, dans le cas d'un puits, et par deux lignes situées à 25 mètres au minimum de part et d'autre de la projection en surface de l'axe longitudinale dans le cas d'une galerie ;
- Pour la zone IIb ; une distance horizontale de 1000 mètres.

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

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

Sur la carte voisine Sart-Xhoffrai (50/1-2), la SWDE possède une prise d'eau dont les zones de prévention sont en partie sur le territoire de la carte étudiée: Sourbrodt P1 (Figure VIII.1).

VIII.3 ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES DE L'ADMINISTRATION COMMUNALE DE BUTGENBACH

La commune de Bütgenbach exploite quatre sites de captages répartis sur le territoire de la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrrenwald. Les zones de prévention de trois d'entre eux sont définies (Figure VIII.1).

Le site de Weywertz est composé de cinq drains et d'un puits foré (code SPW AC_BUTGENBACH09). Pour les premiers, les distances forfaitaires adaptées au bassin d'alimentation supposé ont été utilisées pour délimiter les zones de prévention. Pour le puits, la détermination des zones s'est basée sur les temps de transfert (SGS, 2005a). Ensuite, ces périmètres ont été adaptés aux limites cadastrales et urbanistiques. Les zones de prévention ont été arrêtées par le Gouvernement Wallon en date du 12 décembre 2008: *Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée des ouvrages de prise d'eau souterraine de catégorie B (potabilisable) dénommés Weywertz IV, Weywertz I, Weywertz II.1, Weywertz III.1, Weywertz V, Weywertz VI, Weywertz III.2, Weywertz II.2, Weywertz II.3 et Weywertz II.4 sis sur le territoire de la commune de Bütgenbach. 12 décembre 2008 (M.B. 27-01-2009).*

Les zones de prévention IIa et IIb du drain Pannensterz (code SPW AC_BUTGENBACH07) et du puits Külchelscheid (code SPW AC_BUTGENBACH06) sont situées dans la partie septentrionale de la carte, proches de la frontière belgo-allemande. Comme pour le site précédent, les zones de prévention ont été déterminées soit sur base des distances forfaitaires adaptées au bassin d'alimentation, soit via le calcul du temps de transfert. A nouveau, ces limites ont été localement déplacées pour correspondre avec des limites matérialisables sur le terrain.

Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée de l'ouvrage de prise d'eau souterraine de catégorie B (potabilisable) dénommé Külchelscheid Puits sis sur le territoire de la commune de Bütgenbach -26 septembre 2007 – (M.B. 19-10-2007).

Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée de l'ouvrage de prise d'eau souterraine de catégorie B (potabilisable) dénommé Pannensterz Drain sis sur le territoire de la commune de Waimès - 24 septembre 2007 - (M.B. 19-10-2007)

La commune possède encore d'autres ouvrages (drains et puits) à Elsenborn et Nidrum, ainsi qu'à Regenberg. Leurs zones de prévention ne sont pas encore délimitées. Dès lors, elles sont symbolisées sur la carte hydrogéologique par un triangle vide, tracé autour du captage (Figure VIII.1). En l'absence de données, il convient habituellement de se référer provisoirement aux distances fixes forfaitaires définies dans la législation (voir sous-chapitres précédents). Il convient de rappeler que les drains, de par la nature et la situation des ouvrages, sont vulnérables aux pollutions.

Cependant, il est probable que, dans quelques années, les drains d'Elsenborn-Nidrum soient mis en réserve au profit des puits forés sur le site. Le dossier des zones de prévention des puits de Regenberg est en cours d'étude (SGS, 2015).

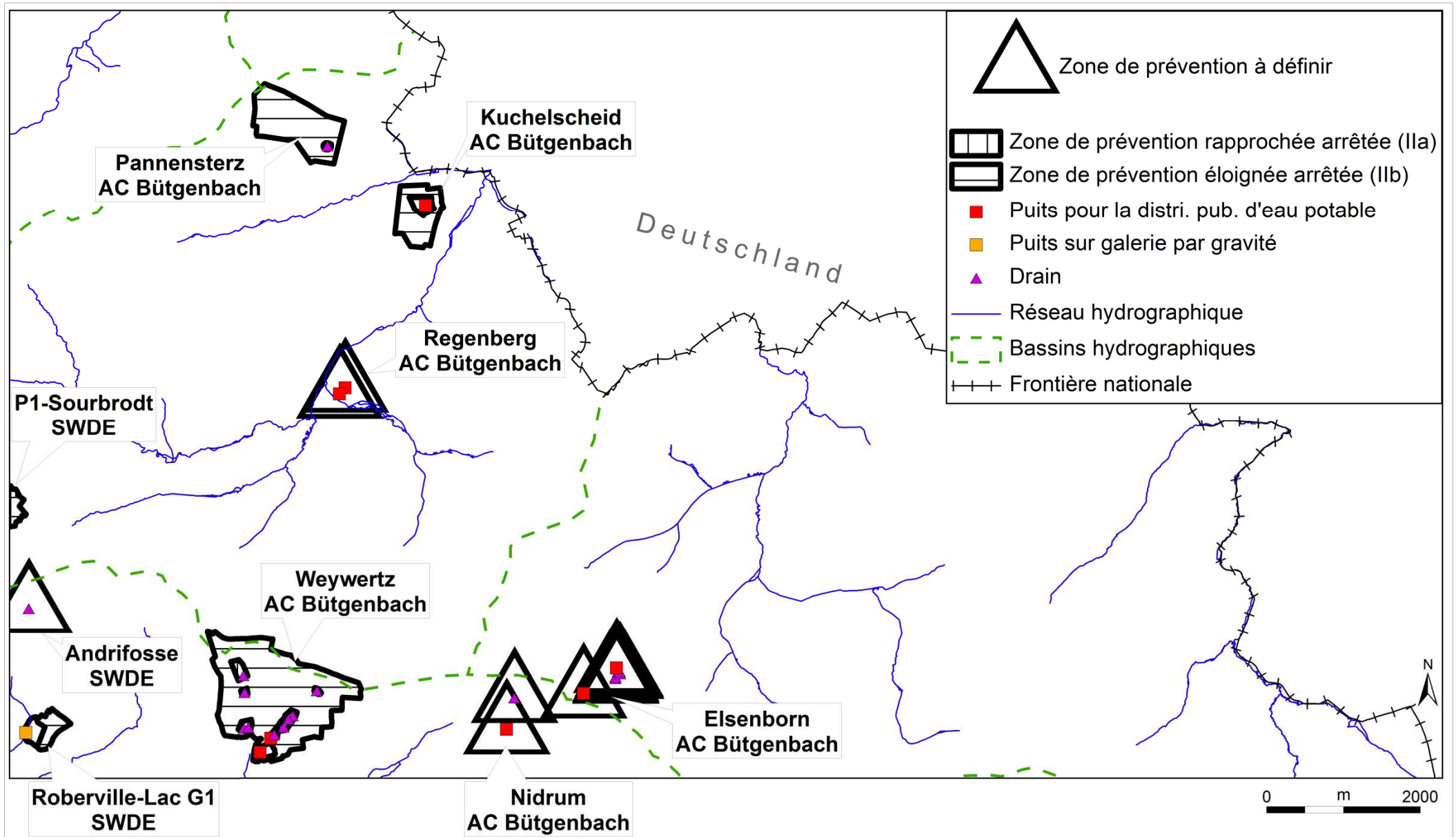


Figure VIII.1: Zones de protection - Carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald

IX. METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

Ce chapitre décrit brièvement les données géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques utilisées pour construire la carte hydrogéologique Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald. 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

Le fond géologique utilisé pour cette carte hydrogéologique est la combinaison de deux cartes géologiques régionales:

- Cambro-Ordovicien: carte géologique révisée du Massif de Stavelot (Geukens, 1999) au 1/115.000 (approximativement);
- Dévonien inférieur: carte géologique du Synclinorium de l'Eifel (Vandeven, 1990) au 1/100.000;

Les alluvions modernes ont été digitalisées sur base de la carte pédologique (CNSW, 2008).

Des descriptions de forages sont également disponibles auprès de l'administration wallonne (SPW), des sociétés de distribution publique d'eau potable et du Service Géologique de Belgique.

Vu l'échelle de ces documents cartographiques, nous attirons l'attention du lecteur sur la précision, toute relative, du tracé des limites géologiques et des failles de la présente carte hydrogéologique (dont l'échelle, elle, est 1/25.000). Dans le futur, la nouvelle carte géologique de cette région permettra d'améliorer ce volet.

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 unités géologiques existent entre les différentes générations de cartes. Ce n'est pas le cas pour cette carte. Les cartes hydrogéologiques voisines sont basées sur les mêmes cartes géologiques régionales que la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald.

IX.1.2 Données météorologiques et hydrologiques

Sur la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald, on compte une seule station météorologique. Il s'agit de la station d'Elsenborn M24 de l'Institut Royal Météorologique (IRM). Les précipitations et les températures y sont mesurées depuis 1987.

Aucune station limnimétrique fixe n'est répertoriée sur le territoire de cette carte.

IX.1.3 Données hydrogéologiques

IX.1.3.1 Localisation des ouvrages

Dans la base de données BD-Hydro, 60 ouvrages situés sur la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrrenwald sont répertoriés. Parmi ces points, on compte 27 puits (puits forés et puits traditionnels), 7 piézomètres, 3 puits sur galerie, 17 drains, 5 sources exploitées ou non et 1 sonde géothermique¹⁶.

Lorsqu'il est connu, le tracé de l'axe des drains est repris sur la carte hydrogéologique (seulement, trois sur cette carte). Les dimensions linéaires de ces ouvrages étant petites, ces lignes sont souvent peu visibles, à l'échelle de la carte (1/25.000). Bien que l'orientation précise des drains et des galeries, situés sur cette carte, ne soit pas disponible pour tous les ouvrages linéaires, leur dimension est, en général, connue (Tableau IX.1).

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

Tableau IX.1: Liste des galeries et drains de la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrrenwald

Code RW	Nom	Type	Dimensions (m)	Vectorisé ?
50/3/9/009	ELSENBORN - DRAIN 1	Drain	3 drains: L 1/14/6, prof: 3 à 3.3	
50/3/9/010	ELSENBORN - DRAIN 2	Drain	L: 10.5; prof: 2.5	
50/3/9/011	ELSENBORN - DRAIN 3	Drain	L: 6; prof: 3	
50/3/9/002	ELSENBORN-QUELLFASSUNG (DRAIN 4)	Drain	L:2; prof: 2.7	
50/3/9/012	ELSENBORN - DRAIN 5	Drain	L: 2; prof: 3.7	
50/3/9/001	NIDRUM - ZOSTERBACH	Drain	L: 95; prof entre 2.25 et 6.25	OUI
50/3/2/001	PANNENSTERZ	Drain	L: 25 ?, prof: 2.1	
50/3/8/003	WEYWERTZ 1 - WEYWERTZER-HECK	Drain	L:37.5; prof: 3.8	
50/3/8/005	WEYWERTZ 2 - WEYWERTZER-HECK (II.1)	Drain	L:22.5; prof: 2.7	
50/3/8/006	WEYWERTZ 3 - SCHWARZER HUGEL (III.1)	Drain	L:153; prof: 4.4 à 4.8	OUI
50/3/8/001	WEYWERTZ 4 - SCHLANGENVENN	Drain	L:17.5; prof: 4.4	
50/3/8/008	WEYWERTZ 5 - SCHLANGENVENN	Drain	L: 22.5; prof: 5	
50/3/8/015	WEYWERTZ II.2	Drain	L: 38.5; prof: 2.8	
50/3/8/016	WEYWERTZ II.3	Drain	L:32.5; prof: 3	
50/3/8/017	WEYWERTZ II.4	Drain	L: 32.5; prof: 3	
50/3/8/014	WEYWERTZ III.2	Drain	L: 10; prof: 2	
50/3/7/001	ROBERTVILLE - ANDRIFOSSE D1	Drain	L:100; prof 3.4 à 4.6	OUI
50/3/7/002	ROBERTVILLE-LAC G1	Galerie	L:3.2; H: 3.9; l: 1.2	
50/3/6/004	VALLEE DU VENNBACH-P4	Galerie	L _{cumulée} : 150; prof: 10	
50/3/6/006	VALLEE DU VENNBACH-P6	Galerie	L _{cumulée} : 600; prof: 10	

¹⁶ 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.

IX.1.3.2 Données piézométriques

Très peu de données piézométriques sont disponibles pour la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald. Une trentaine de mesures de niveau d'eau sont encodées la base de données. Elles proviennent principalement de la campagne de terrain, en 2011-2012, menée lors de la réalisation de la carte hydrogéologique et de quelques rapports de bureaux d'études et de producteurs/distributeurs d'eau. Sur le poster, quelques niveaux ponctuels sont présentés.

IX.1.3.3 Données hydrochimiques et tests sur les puits

L'essentiel des données hydrochimiques ont été fournies par la Direction des Eaux Souterraines (DESO-SPW). La SWDE, la commune de Bütgenbach, divers rapports et les prélèvements faits lors des campagnes de terrain (en automne-hiver 2011-2012) ont complété ce jeu initial (analyses faites au laboratoire 'Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement-ULg').

37 sites (puits et piézomètres, drains, galeries, sources) sont concernés, comptabilisant plus de 3000 valeurs (depuis 1993). Ces analyses caractérisent surtout les eaux logées dans l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur et de Villé. Quelques analyses caractérisent les eaux logées dans le socle cambro-silurien. Ces points, où des données chimiques sont disponibles, sont reportés sur la carte thématique des informations complémentaires et caractères des nappes. Le [chapitre V](#) décrit, plus en détails, le cadre hydrochimique des unités hydrogéologiques rencontrées sur la carte étudiée.

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, d'études hydrogéologiques diverses. Le résultat de ces tests (essais de pompage et traçage 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.

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 se sont pas toujours présentes.

Sur la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald, il y a plusieurs zones de prévention autour de captage dont l'eau est destinée à la consommation alimentaire. Ces zones (IIa & IIb) ont différents statuts. Pour quelques captages, ces zones sont encore à définir. Certaines zones ont été validées par arrêté ministériel. Toutes ces zones figurent sur la carte principale au 1/25.000. Elles sont détaillées dans le [chapitre VIII](#).

IX.2 BASE DE DONNEES HYDROGEOLOGIQUES

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

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

IX.3 POSTER DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

La carte hydrogéologique se compose:

- d'une carte hydrogéologique (1/25 000) donnant des informations sur les différentes formations aquifères, la localisation des prises d'eau, les zones de prévention...;
- d'une carte (1/50 000) de localisation des captages avec les volumes exploités pour une année donnée et les nappes exploitées ;
- d'une carte (1/50 000) localisant :
 - les sites où sont disponibles des données hydrochimiques et au droit desquelles divers tests (essais de pompage, traçages, diagraphies, ...) ont été réalisés;
 - le caractère des nappes;
- d'une coupe hydrogéologique;
- d'un tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie'.

IX.3.1 Carte hydrogéologique principale

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

1. le fond topographique de la carte IGN 1/10.000;
2. le réseau hydrographique;
3. les unités hydrogéologiques;
4. les failles;
5. la localisation des points d'eau:
 - des puits des sociétés de distribution d'eau;
 - des puits privés exploités et déclarés au Service Public de Wallonie;
 - des piézomètres;
 - les drains;
 - les puits sur galerie;
 - les sources exploitées et/ou où des données chimiques sont disponibles;
 - les sondes géothermiques;
6. la localisation des stations climatiques et/ou limnimétriques;
7. la cote piézométrique là où l'information est disponible, avec la date de la mesure;
8. les zones de prévention arrêtées par le Gouvernement wallon;
9. les zones de prévention à définir;
10. la localisation de la coupe.

IX.3.2 Cartes thématiques

IX.3.2.1 Caractérisation du type des nappes et informations complémentaires

Cette carte, au 1/50.000, localise les différents sites au droit desquelles des données quantitatives ou qualitatives sont disponibles (analyses chimiques, diagraphies, essais de pompage, traçages). Les résultats des quelques tests réalisés sur quelques puits de la carte Elsenborn-Langert & Dreiherrnwald sont résumés au [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 ([sous-chapitre IV.2.5](#)).

IX.3.2.2 Volumes d'eau prélevés

Cette carte, au 1/50.000, est basée sur les informations extraites de la banque de données de la Région Wallonne (D GARNE). Les volumes représentés sont les volumes déclarés par les titulaires au Service Public de Wallonie, pour l'année 2015 pour les volumes destinés à la distribution publique d'eau et pour l'année 2014 pour les autres volumes. 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 cette carte thématique, des volumes moyens prélevés correspond à la moyenne des cinq dernières années (2010-2014, 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 ou 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.

Lorsqu'une prise d'eau est constituée d'une batterie d'ouvrages (souvent des drains), le volume déclaré est une mesure unique et globale pour l'ensemble du site. Sur cette carte thématique, il a été décidé de répartir, à part égale, ce volume sur tous les ouvrages exploités du site. Ceci permet une meilleure compréhension de l'exploitation réelle.

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

IX.3.3 Coupe hydrogéologique

Parmi les éléments présentés sur le poster de la carte hydrogéologique Elsenborn-Langert & Dreiherrrenwald, figure la coupe hydrogéologique. Elle permet de comprendre dans son ensemble le contexte géologique et hydrogéologique de la région. Cette coupe est commentée au [chapitre IV.2.3](#).

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 Elsenborn-Langert & Dreiherrrenwald, traduites en termes d'unités hydrogéologiques. La définition de ces unités est présentée en détails dans le [chapitre IV](#).

X. BIBLIOGRAPHIE

Asselberghs E. (1946): L'éodévonien de l'Ardenne et des régions voisines. *Mem. Inst. Géolog. Univ. Louvain*, Tome XIV

Asselberghs E. & Geukens F. (1959): Carte géologique d'Harzé-La Gleize (feuille n°159) au 1/25.000 et son texte explicatif, Institut Géographique Militaire, Bruxelles

Baden W. & Eggelsmann R. (1963): Zur Durchlässigkeit der Moorböden. *Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung*. 4. 226-254.

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

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

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

Légende de la Carte Numérique des Sols de Wallonie (**CNSW**) – version 2 (2007). Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux – Laboratoire de Géopédologie, en relation avec le PCNSW (convention pour le compte de la Région Wallonne – DGA), 54 p. + 2 annexes

CNSW (2008): Carte Numérique des Sols de Wallonie, 1/20.000. SPW - DGARNE - Direction du Développement rural (sous la direction de A. Mokadem). Données vectorielles, Version 1.2, 04-2008

COSW (2007): Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie, 1/10 000. SPW - DGARNE - Direction du Développement rural (sous la direction de A. Mokadem). Données vectorielles, Version 2_07, 02-2007.

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

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

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

Demoulin A. (1987): Les sables oligocènes du plateau des Hautes-Fagnes: une synthèse. *Ann. Soc. géol. Belgique*, 96/1:81-90

Demoulin A. (1989): Les transgressions oligocènes sur le Massif Ardenne-Eifel. *Ann. Soc. géol. Belgique*, 112/1:215-224

Derycke F., Laga, P.G. et Ney Bergh, H. (1982) : Bilan des ressources en eau souterraine de la Belgique. Commission des Communautés Européennes. Service de l'Environnement et de la Protection des consommateurs, 260 p. (non publié).

DGARNE-DESO 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, *SPW-DGARNE*

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

http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/ficheso/fiche_EDL_MESO_M100.pdf

http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/ficheso/fiche_EDL_MESO_M102.pdf

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

Geukens F. (1963): *Carte géologique de Stavelot-Malmédy (feuille n°160) au 1/25.000 et son texte explicatif*, Institut Géographique Militaire, Bruxelles.

Geukens F. (1986): Commentaires à la carte géologique du Massif de Stavelot, *Aardkundige Mededelingen*, 3: 15-29. Carte géologique au 1/100 000 (approximativement).

Geukens F. (1999): Notes accompagnant une révision de la carte structurale du Massif de Stavelot, *Aardkundige Mededelingen*, 9: 183-190. Carte au 1/115 000 (approximativement).

Gilson M, Briers P, Ruthy I & Dassargues A. (2012): Carte hydrogéologique de Wallonie, Elsenborn-Langert & Dreiherrrenwald 50/3-4 & 50A/1. 1:25000. Namur, Service Public de Wallonie, Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement, 1 notice explicative de 72 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* (2001) 9: 555-569.

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

Leclercq L & Fabri R. (1982). Flore et végétation algales des eaux oligotrophes du bassin de la Schwalm (Belgique, Province de Liège). *Bull.Soc.Roy.Bot.Belg.* 115:53-68

Mbuyu N. & Petit F. (1990): Comportement hydrologique de deux bassins versants se différenciant par leur couvert végétal et leur épaisseur de tourbe. *Bull. Soc.Belge d'Etudes Géographiques.* 1990-2, 261-274.

Mormal P. & Tricot C. (2004): L'aperçu climatique des Hautes-Fagnes. *IRM. Publication scientifique et technique* n°36, 32 p.

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

Pissart A. (1995): L'Ardenne sous le joug du froid. *In* Demoulin A. (Ed). L'Ardenne – Essai de Géographie physique. Ed. Département de Géographie physique-Université de Liège. 136-154

Romanov V.V. (1968): Hydrophysics of bogs. Traduit du russe. Israel Program for scientific Translations, Jerusalem. 299 p.

Rycroft D.W, Williams D.J.A, Ingram H.A.P. (1975): The transmission of water through peat. I. Review. *Journal of Ecology*. 63. 535-556.

Schyns V. (2004). La chimie des eaux courantes du plateau des Hautes-Fagnes: caractéristiques et variations spatio-temporelles & problèmes analytiques. Travail de fin d'études. Haute Ecole de la Province de Liège, Rennequin Sualem. 121 p + annexes

SGS (2005a): Etude hydrogéologique dans le cadre de l'établissement des zones de prévention des prises d'eau de la commune de Bütgenbach: Prises d'eau de Weywertz (Weywertz I, Weywertz II, Weywertz III, Weywertz IV, Weywertz V et Weywertz VI). Rapport E467-6 final. Décembre 2005. 66 p +annexes

SGS (2005b): Etude hydrogéologique dans le cadre de l'établissement des zones de prévention des prises d'eau de la commune de Bütgenbach: Prise d'eau de Kùchelschied Puits (Kùchelscheid). Rapport E467-7 final. Octobre 2005. 40 p + annexes

SGS (2005c): Etude hydrogéologique dans le cadre de l'établissement des zones de prévention des prises d'eau de la commune de Bütgenbach: Prise d'eau de Pannensterz Drain (Kùchelscheid). Rapport E467-8 final. Octobre 2005. 29 p + annexes

SGS (2006): Etude hydrogéologique dans le cadre de l'établissement des zones de prévention des prises d'eau de la commune de Bütgenbach: Prise d'eau d'Elsenborn-Nidrum (Elsenborn Drains, Elsenborn P2, Elsenborn Trusch P1, Nidrum Drain, Nidrum Puits). Rapport E467-9 final. Février 2006. 118 P +annexes.

SGS (2007): Etude hydrogéologique des prises d'eau "Vennbach" du camp militaire d'Elsenborn (Bütgenbach). Rapport E921. Mars 2007. 68 p + annexes

SGS (2015): Etude hydrogéologique dans le cadre de la recherche de nouvelles ressources en eau sur le territoire de la commune de Bütgenbach: Site de Regenbergl. Rapport final E1275. Février 2015. 51 p + annexes

SGS (2016): Etude hydrogéologique dans le cadre de la réalisation d'un nouveau puits sur le site de captage communal de Nidrum-puteils (Elsenborn). Captage n°50/3/9/013. Commune de Bütgenbach. Rapport E1645. Février 2016. 36 p + annexes

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/>

SWDE (2000). Réalisation d'un puits à Elsenborn. Assistance technique pour la valorisation des nouvelles ressources en eau sur le territoire de la commune de Bütgenbach. Rapport technique. Service Protection des Ressources et Captages. 6 p + annexes.

SWDE (2003): Réalisation de trois piézomètres (PZ1 à PZ3) à Waimes (anct. Robertville et Sourbrodt) dans le cadre des zones de préventions de Robertville-Lac G1 et Sourbrodt-Puits communal P1. Rapport technique. Service Protection des Ressources et Captages. Décembre 2003. RT n°164. 7 p + annexes.

SWDE (2004): Projet de délimitation des zones de prévention des prises d'eau de Waimes (Robertville et Sourbrodt). Note explicative. Service Protection des Ressources et Captages. Février 2004. DT/034/AVR/04-0455

Symoens J.J. (1957). Les eaux douces de l'Ardenne et des régions voisines: les milieux et leur végétation algale. *Bull.Soc.Roy.Bot.Belg.* 89. 111-314

Tractebel Development Engineering (2004): Essais de traçage à Waimes dans le cadre de l'étude des zones de prévention – Société Wallonne des Eaux – Rapport de synthèse. Janvier 2004. 17 p + annexes.

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

Vandenvén G. (1990): Explications de la carte géologique du Synclinorium de l'Eifel (région de Gouvy-Sankt-Vith-Elsenborn), *Annales de la Société Géologique de Belgique*, T.113 (fascicule 2), pp. 103-113

Verniers, J., Herbosch, A., Vanguetstaine, M., Geukens, F., Delcambre, B., Pingot, J-L., Belanger, I., Hennebert, M., Debacker, T., Sintubin, M. & De Vos, W., (2001): Cambrian-Ordovician-Silurian lithostratigraphic units (Belgium). In Bultynck & Dejonghe, eds., *Guide to a revised lithostratigraphic scale of Belgium*, *Geologica Belgica*, 4 (1-2), 5-38.

Wastiaux C. (2000): Facteurs hydrologiques de la dégradation des tourbières hautes à sphaignes (Hautes-Fagnes, Belgique). *Thèse de doctorat, Université de Liège.* 223 p.

Wastiaux C. (2008): Les tourbières sont-elles des éponges régularisant l'écoulement ? *Bull.Soc. Géogra. Liège.* 50.57-66 - www.bsqliq.be

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

ANNEXE 1: LISTE DES ABREVIATIONS

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

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

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

IRM : Institut Royal Météorologique, Section Climatologie.

Avenue Circulaire, 3 à 1180 Bruxelles

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

ISSeP : Institut Scientifique de Service Public

Rue du Chéra, 200 à 4000 Liège

<http://www.issep.be>

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

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

SGB : Service Géologique de Belgique

Département VII de l'institut royal des Sciences Naturelles de Belgique

Rue Jenner, 13 à 1000 Bruxelles

<http://sciencesnaturelles.be/geology>

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

Boulevard d'Avroy 38/6 à 4000 Liège

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

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

Depuis le 1^{er} 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 (SPW)**. Ainsi la DGRNE est reprise dans la Direction générale opérationnelle 3 (DGO3) dont les domaines de compétences sont l'Agriculture, les Ressources naturelles et l'Environnement. La Direction des Eaux Souterraines est incluse dans le Département de l'Environnement et de l'Eau.

DGO3 - Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (D GARNE)

Département de l'Environnement et de l'Eau

Direction des Eaux souterraines (**DESO**) & Direction des Eaux de Surface

Avenue Prince de Liège, 15 à 5100 Jambes

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

Département de la Ruralité et des Cours d'eau

Direction des Cours d'eau non navigables (**DCENN**)

DGO2: Direction générale opérationnelle de la Mobilité et des Voies hydrauliques – **SETHY**:

Direction des voies hydrauliques (D.G.2) - Division des Études et des Programmes- Direction des Etudes hydrologiques et des Statistiques + service d'études hydrologiques (SETHY)(D.212).

Boulevard du Nord, 8 à 5000 NAMUR

Depuis le 1^{er} août 2008, ce service fait partie de la Direction Générale Opérationnelle Mobilité et Voies Hydrauliques (DGO2), Département des études et de l'appui à la gestion. Anciennement, ce service faisait partie du Ministère wallon de l'Équipement et des Transport (MET) devenu SPW.

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

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

DGO4: Direction générale opérationnelle - Aménagement du territoire, Logement, Patrimoine et Énergie (DGTALPE)

SWDE : Société Wallonne des Eaux

Rue de la Concorde, 41 à 4800 VERVIERS

<http://www.swde.be>

ANNEXE 2: TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figures

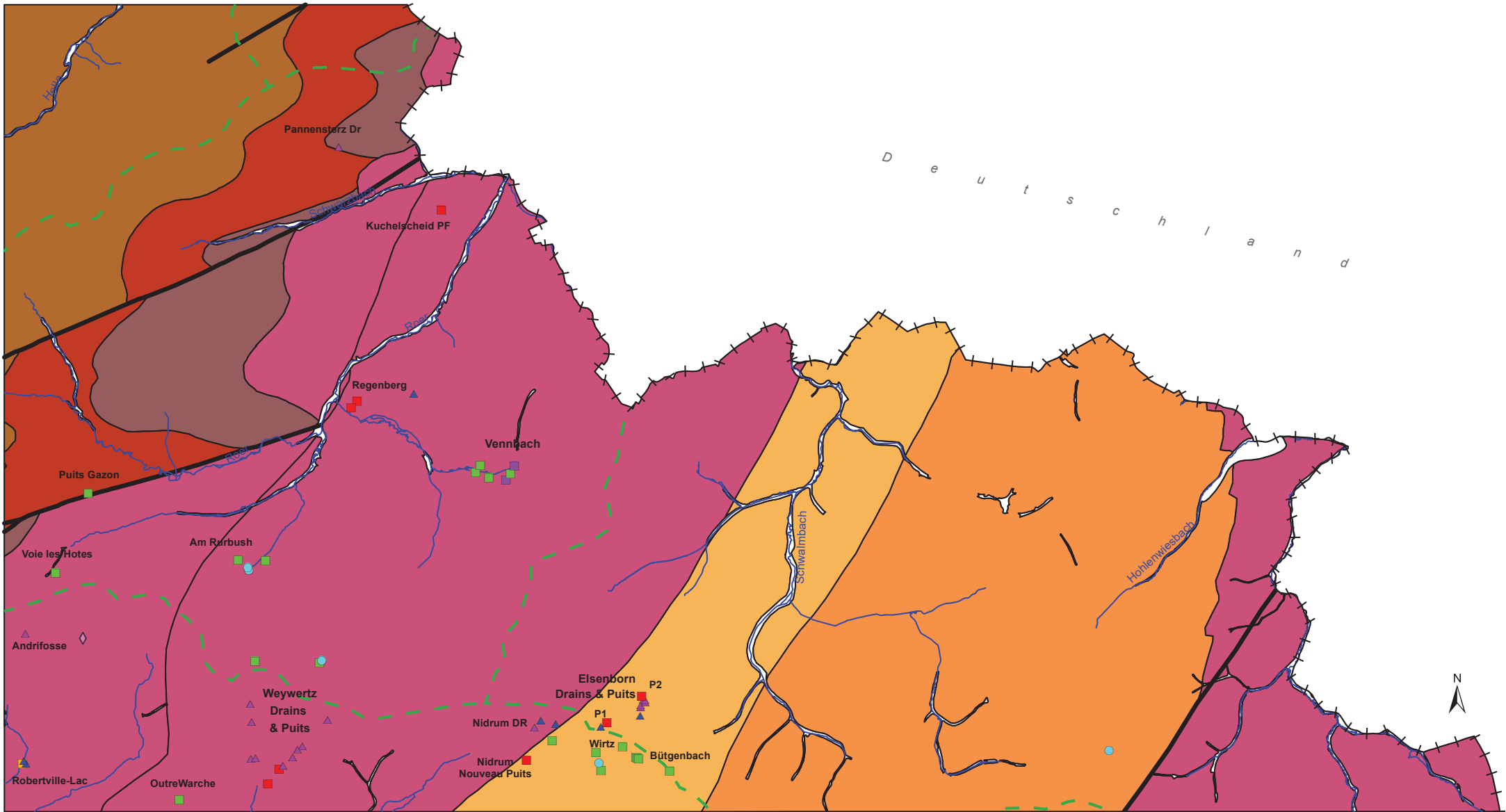
Figure I.1: Localisation de la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald 50/3-4 & 50A/1	5
Figure II.1: Territoires paysagers – Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald.....	6
Figure II.2: Cadres topographique et hydrologique - 50/3-4 & 50A/1	7
Figure II.3: Répartition de l'occupation du sol de la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald.....	7
Figure II.4: Occupation du sol – Carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald.....	9
Figure II.5: Répartition des différents types de sol – Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald	11
Figure III.1: Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2011; modifié)	12
Figure III.2 Fonds géologiques utilisés par la carte hydrogéologique 50/3-4 & 50A/1	13
Figure III.3: Position stratigraphique des unités lithologiques du Paléozoïque inférieur du Massif de Stavelot (Vernier et al, 2001; modifié).....	15
Figure III.4: Répartition des terrains meubles de couverture (Geukens, 1999)	18
Figure III.5: Cadre structural de la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald	20
Figure IV.1: Principaux aquifères de Wallonie – Carte de Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald (SPW-DGO3, 2014; modifié)	22
Figure IV.2: Profil schématique d'une tourbière haute et de quelques paramètres hydro-physiques (Wastiaux, 2008).....	32
Figure IV.3: Site de Regenbergh – AC Bütgenbach.....	35
Figure IV.4: Site 'Vennbach' - Camp militaire d'Elsenborn	37
Figure IV.5: Sites SWDE de Robertville-Lac et Andrifosse	39
Figure IV.6: Site de Weywertz – AC Bütgenbach.....	41
Figure IV.7: Site d'Elsenborn-Nidrum - AC Bütgenbach.....	43
Figure V.1: Carte des masses d'eau souterraine – Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald	47
Figure V.2 Diagramme de Piper des eaux souterraines de la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald	48
Figure V.3: Zones vulnérables aux nitrates - Région wallonne	53
Figure V.4: Evolution des teneurs en nitrates – Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald.....	54
Figure V.5: Pesticides en Région wallonne (ICEW, 2012; carte 19 modifiée).....	56
Figure VI.1: Volumes d'eau prélevés par le SWDE – Carte 50/3-4 & 50A/1	59
Figure VI.2: Volumes d'eau prélevés - Site d'Elsenborn (AC Bütgenbach)	60
Figure VI.3: Volumes d'eau prélevés - Site de Weywertz (AC Bütgenbach)	61
Figure VI.4: Volumes d'eau prélevés - Site de Kuchelscheid (AC Bütgenbach).....	61
Figure VI.5: Volumes d'eau prélevés - Site de Pannensterz (AC Bütgenbach).....	62
Figure VIII.1: Zones de protection - Carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald	72

Tableaux

Tableau II.1: Répartition détaillée de l'occupation du sol au sein de la catégorie "Forêts et milieux semi - naturels" – 50/3-4 & 50A/1	8
Tableau II.2: Répartition des différents types de sol - Carte 50/3-4 & 50A/1.....	10
Tableau IV.1: Unités hydrogéologiques de la carte Elsenborn-Langert & Dreierherrenwald.....	27
Tableau IV.2: Bilan hydrogéologique annuel simplifié pour le site de Pannensterz (SGS, 2005c).....	30
Tableau V.1: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien Inférieur – Prises d'eau destinées à la distribution publique	49
Tableau V.2: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien Inférieur - Puits privés.....	50

Tableau V.3: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquiclude à niveaux aquifères de Villé.....	51
Tableau V.4: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien	52
Tableau V.5: Paramètres microbiologiques – Elsenborn-Langert & Dreierrenwald.....	55
Tableau V.6: Principaux pesticides analysés dans les eaux souterraines de la carte Elsenborn-Langert & Dreierrenwald..	57
Tableau VII.1: Valeurs du coefficient de perméabilité en fonction de la granulométrie (Castany, 1998).....	63
Tableau VII.2: Intervalles de valeurs indicatives pour la conductivité hydraulique de différentes lithologies (échelles macroscopique & mégascopique) (Dassargues, 2010).....	64
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)	64
Tableau VII.4: Synthèse des paramètres hydrogéologiques - Site Elsenborn-Nidrum (SGS, 2006).....	66
Tableau IX.1: Liste des galeries et drains de la carte Elsenborn-Langert & Dreierrenwald.....	74

ANNEXE 3: CARTE DE LOCALISATION



D e u t s c h l a n d

- Puits pour la distribution publique d'eau potable
- Puits sur galerie par gravité
- Puits sur galerie par pompage
- Autre puits

- ▲ Drain
- ▲ Piézomètre
- Source (exploitée ou non)
- ◇ Sonde géothermique

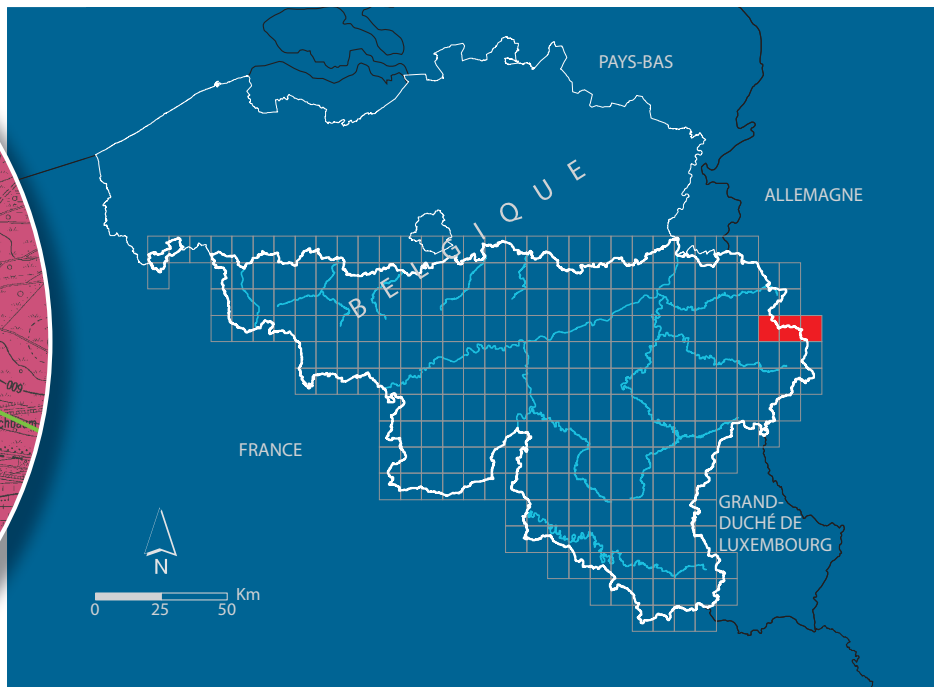
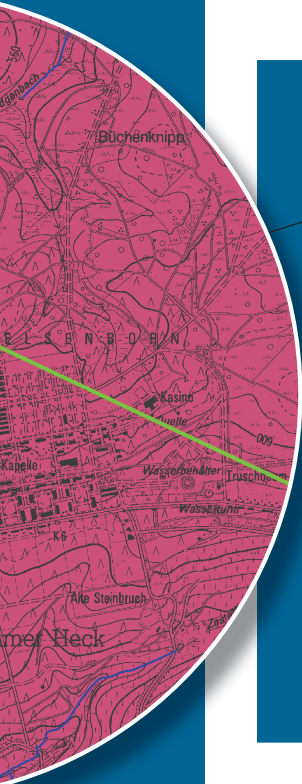
- Unité hydrogéologique**
- Aquifère alluvial
 - Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur
 - Aquiclude du Dévonien inférieur

- Aquiclude à niveaux aquifères de Villé
- Aquiclude à niveaux aquifères du socle cambro-silurien
- Aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien
- Aquiclude à niveaux aquitards du socle cambro-silurien
- Réseau hydrographique
- - - Bassins hydrographiques
- Frontière
- Faille



ANNEXE 4: COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE

Nom	Code RW	Identifiant RW	X(m)	Y(m)	Z(m)	Type	Prof,(m)
ELSENBORN-P1	50/3/9/004	8285	281481	129280	630,3	Puits foré	46 ?
ELSENBORN - DRAIN 1	50/3/9/009	31671	281899	129470	603,85	Drain	
ELSENBORN - DRAIN 2	50/3/9/010	31692	281899	129492	602,73	Drain	
ELSENBORN - DRAIN 3	50/3/9/011	31713	281959	129530	601,84	Drain	
ELSENBORN - DRAIN 5	50/3/9/012	31714	281931	129562	599,47	Drain	
ELSENBORN -	50/3/9/002	3975	281954	129559	600,5	Drain	
ELSENBORN-P2	50/3/9/006	20979	281912	129607	598	Puits foré	83
KUCHELSCHEID	50/3/8/003	3221	279431	135633	545,5	Puits foré	85
NIDRUM - ZOSTERBACH	50/3/9/001	1826	280585	129221	604,98	Drain	
PANNENSTERZ	50/3/2/001	7629	278158	136409	597,6	Drain	
WEYWERTZ 1 -	50/3/8/003	2185	278020	129311	584,69	Drain	
WEYWERTZ 2 -	50/3/8/005	20042	277707	128989	567,37	Drain	
WEYWERTZ 3 - SCHWARZER	50/3/8/006	20043	277064	129508	569,6	Drain	
WEYWERTZ 4 -	50/3/8/001	6221	277071	128828	553,56	Drain	
WEYWERTZ 5 -	50/3/8/008	20045	277128	128840	552,17	Drain	
WEYWERTZ 6 - PLATTE	50/3/8/009	20046	277279	128520	552,29	Puits foré	80
WEYWERTZ II,2	50/3/8/015	31171	277648	128946	564,31	Drain	
WEYWERTZ II,3	50/3/8/016	31172	277587	128845	559,85	Drain	
WEYWERTZ II,4	50/3/8/017	31173	277467	128745	554,92	Drain	
WEYWERTZ III,2	50/3/8/014	31152	277080	129290	564,72	Drain	
WINTERBORN (remblayé)	50/3/9/005	20041	280487	128807	628,02	Puits foré	117
NIDRUM NOUVEAU PUIITS	50/3/9/013	61691	280483	128814	628,59	Puits foré	120
VALLEE DU VENNBACH-P1	50/3/6/002	462	279856	132379	549,9	Puits traditionnel	10
VALLEE DU VENNBACH-P2	50/3/6/003	2612	279914	132466	550,5	Puits traditionnel	10
VALLEE DU VENNBACH-P3	50/3/6/001	6622	280020	132316	551,7	Puits traditionnel	10



SPW | Éditions, CARTES

Dépôt légal : D/2017/12.796/3 – ISBN : 978-2-8056-0227-6

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

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