

Notice explicative

**CARTE HYDROGÉOLOGIQUE
DE WALLONIE**

Echelle : 1/25 000



Photos couverture © SPW-DGARNE(DGO3)

Fontaine de l'ours à Andenne

Forage exploité

Argilière de Celles à Houyet

Puits et sonde de mesure de niveau piézométrique

Emergence (source)

Essai de traçage au Chantoir de Rostenne à Dinant

Galerie de Hesbaye

Extrait de la carte hydrogéologique de Tongeren - Herderen



TONGEREN - HERDEREN

34/5-6

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

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



NOTICE EXPLICATIVE

2009

Première édition : Juin 2009
Actualisation partielle : -

Dépôt légal – D/2009/12.796/4 - ISBN : 978-2-8056-0066-1

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

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

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

Table des matières

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <u>I. INTRODUCTION</u> | 6 |
| <u>II. CADRES GEOGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE, HYDROGRAPHIQUE ET PEDOLOGIQUE</u> | 7 |
| <u>III. CADRE GEOLOGIQUE</u> | 12 |
| III.1 CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL | 12 |
| III.2 CADRE GEOLOGIQUE DE LA CARTE | 13 |
| III.2.1 CADRE LITHOSTRATIGRAPHIQUE | 13 |
| III.2.1.1 Formations du Paléozoïque | 14 |
| III.2.1.1.1 Cambro-Silurien | 14 |
| III.2.1.1.2 Carbonifère | 14 |
| III.2.1.2 Formations du Mésozoïque | 15 |
| III.2.1.2.1 Crétacé | 15 |
| III.2.1.3 Formations du Cénozoïque | 18 |
| III.2.1.3.1 Paléogène | 18 |
| III.2.1.3.2 Néogène | 19 |
| III.2.1.3.3 Quaternaire | 19 |
| III.2.2 CADRE STRUCTURAL | 21 |
| <u>IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE</u> | 23 |
| IV.1 DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES | 23 |
| IV.1.1 UNITÉ HYDROGÉOLOGIQUE DU PALÉOZOÏQUE | 25 |
| IV.1.1.1 Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller | 25 |
| IV.1.2 UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES DU MÉSOZOÏQUE | 26 |
| IV.1.2.1 Aquiclude des marnes du Campanien | 26 |
| IV.1.2.2 Aquifère des craies du Crétacé | 26 |
| IV.1.3 UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES DU CÉNOZOÏQUE | 27 |
| IV.1.3.1 Aquifères des sables de l'Oligocène et du Miocène | 27 |
| IV.1.3.2 Aquifère à niveaux aquicludes de l'Oligocène | 27 |
| IV.1.3.3 Aquiclude de Boom | 27 |
| IV.1.3.4 Aquitard limoneux | 28 |
| IV.1.3.5 Aquifère alluvial | 28 |
| IV.1.4 UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES EN FLANDRE | 30 |
| IV.2 DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE REGIONALE | 34 |

| | | |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| IV.2.1 | AQUIFÈRE DES CRAIES DE HESBAYE | 34 |
| IV.2.2 | AQUICLUDE À NIVEAUX AQUIFÈRES DU HOULLER | 41 |
| IV.2.3 | AQUIFÈRE ALLUVIAL DE LA MEUSE | 44 |
| V. | <u>CADRE HYDROCHIMIQUE</u> | 45 |
| V.1 | CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX | 46 |
| V.1.1 | CARACTÉRISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX DE LA NAPPE DES CRAIES DE HESBAYE | 46 |
| V.1.2 | CARACTÉRISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX DES TERRAINS SCHISTO-GRÉSEUX DU HOULLER | 48 |
| V.2 | PROBLEMATIQUE DES NITRATES | 50 |
| V.3 | QUALITE BACTERIOLOGIQUE | 54 |
| V.4 | PESTICIDES | 54 |
| VI. | <u>EXPLOITATION DES AQUIFERES</u> | 55 |
| VI.1 | AQUIFERE DES CRAIES DE HESBAYE | 55 |
| VI.2 | AQUICLUDE À NIVEAUX AQUIFERES DU HOULLER | 55 |
| VI.3 | AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE | 56 |
| VII. | <u>PARAMETRES D'ÉCOULEMENT ET DE TRANSPORT</u> | 57 |
| VII.1 | AQUIFERE DES CRAIES DE HESBAYE | 57 |
| VII.2 | AQUICLUDE À NIVEAUX AQUIFERES DU HOULLER | 59 |
| VIII. | <u>ZONES DE PROTECTION</u> | 60 |
| VIII.1 | CADRE LEGAL | 60 |
| VIII.2 | ZONES DE PREVENTION EN WALLONIE | 64 |
| VIII.3 | ZONES DE PREVENTION EN FLANDRE | 65 |
| IX. | <u>MÉTHODOLOGIE DE L'ÉLABORATION DE LA CARTE HYDROGÉOLOGIQUE</u> | 67 |
| IX.1 | ORIGINE DES INFORMATIONS | 67 |
| IX.1.1 | DONNÉES GÉOLOGIQUES ET CONNEXES | 67 |
| IX.1.2 | DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES | 68 |
| IX.1.3 | DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES | 68 |
| IX.1.3.1 | Localisation des ouvrages | 68 |
| IX.1.3.2 | Données piézométriques | 68 |
| IX.1.4 | DONNÉES HYDROCHIMIQUES ET TESTS SUR LES PUIITS | 69 |
| IX.1.5 | AUTRES DONNÉES | 70 |
| IX.2 | BASE DE DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES | 70 |

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| IX.3 | POSTER DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE | 71 |
| IX.3.1 | CARTE HYDROGÉOLOGIQUE PRINCIPALE | 71 |
| IX.3.2 | CARTE DES INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES ET DES CARACTÈRES DES NAPPES | 72 |
| IX.3.3 | CARTE DES VOLUMES D'EAU PRÉLEVÉS | 73 |
| IX.3.4 | CARTE DES ISOHYPSES DE L'AQUIFÈRE DES CRAIES DE HESBAYE | 74 |
| IX.3.5 | TABLEAU DE CORRESPONDANCE 'GEOLOGIE-HYDROGEOLOGIE' | 75 |
| IX.3.6 | COUPES GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE | 76 |
| X. | BIBLIOGRAPHIE | 77 |
| <hr/> | | |
| <u>ANNEXE 1: LISTE DES ABRÉVIATIONS DES INSTITUTIONS ET ORGANISMES</u> | | 83 |
| <hr/> | | |
| <u>ANNEXE 2: TABLE DES ILLUSTRATIONS</u> | | 85 |
| <hr/> | | |
| <u>ANNEXE 3: CARTE DE LOCALISATION</u> | | 86 |
| <hr/> | | |
| <u>ANNEXE 4: COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITÉS DANS LA NOTICE</u> | | 88 |
| <hr/> | | |
| <u>ANNEXE 5: HYDROGEOLOGISCHE CODERING VAN DE ONDERGROND VAN VLAANDEREN (HCOV)</u> | | 89 |
| <hr/> | | |

Avant - propos

La carte hydrogéologique n° 34/5-6 Tongeren-Herderen a été commandée par le Ministère de la Région Wallonne¹. Cette carte hydrogéologique a été réalisée par l'unité 'Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement' du secteur GEO³ du département ArGENCo de l'Université de Liège. Le projet a été supervisé par le professeur A. Dassargues et la carte réalisée par I.Ruthy.

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

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

Les auteurs de la carte hydrogéologique de Wallonie remercient vivement la Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening (VMW) et plus particulièrement Simon Six, la Société Wallonne des Eaux (SWDE), la Compagnie Intercommunale Liégeoise des Eaux (CILE), la Société Publique d'Aide à la Qualité de l'Environnement (SPAQuE), l'Institut Scientifique de Service Public (ISSeP) pour nous avoir fourni nombre de données et nous avoir permis l'accès à leurs ouvrages souterrains (captages, piézomètres). Nous remercions aussi tous les bureaux d'études actifs dans le domaine de l'environnement qui nous ont fourni des données. Nous tenons également à remercier tous les titulaires privés (du monde agricole ou pas) de puits pour nous avoir laissé accéder aux ouvrages lors de nos investigations sur le terrain.

Pour leur relecture attentive et constructive de la carte et de la notice, nous remercions également vivement Pierre Ghysel (géologue attaché au Service Géologique de Belgique) et Marc Closset (SWDE).

¹ Le 1^{er} août 2008, le Ministère de la Région Wallonne (MRW) et le Ministère wallon de l'Équipement et des Transports (MET) ont fusionné pour donner naissance au Service Public Wallon (SPW). La DGRNE est intégrée à la Direction Générale Opérationnelle 3 (DGO3) qui gère les matières et les compétences spécifiques suivantes: Agriculture, Ressources Naturelles et Environnement (DGARNE).

Cette carte, dont une partie du territoire couvert est située en Région Flamande, n'aurait pu être réalisée sans l'apport conséquent de données issues de la Vlaamse Milieu Maatschappij (VMM) et de sa base de données (Databank Ondergrond Vlaanderen). Nous remercions la Région Flamande et plus spécifiquement le Service Eau (Afdeling Water) de la VMM pour leur collaboration à la réalisation de cette carte hydrogéologique de Wallonie.

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

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

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

I. INTRODUCTION

La région de Tongeren-Herderen se situe à une quinzaine de kilomètres au nord de Liège. Elle occupe la partie orientale du plateau hesbignon (figure I.1). L'aquifère principal de cette région est la nappe des craies de Hesbaye. Cette dernière est limitée, à l'est et au sud, par le versant de la Meuse, à l'ouest par le bassin de la Méhaigne. Vers le nord, elle est drainée par le Geer et se prolonge sous la couverture cénozoïque. Cet aquifère assure, en grande partie, l'alimentation de l'agglomération liégeoise par un système de galeries drainantes, creusées dans la craie (situées au sud de la carte étudiée). Les différents captages sollicitant la nappe des craies de Hesbaye, situés sur la carte Tongeren-Herderen, sont localisés dans la vallée du Geer et desservent les communes avoisinantes (tant en Wallonie qu'en Flandre).

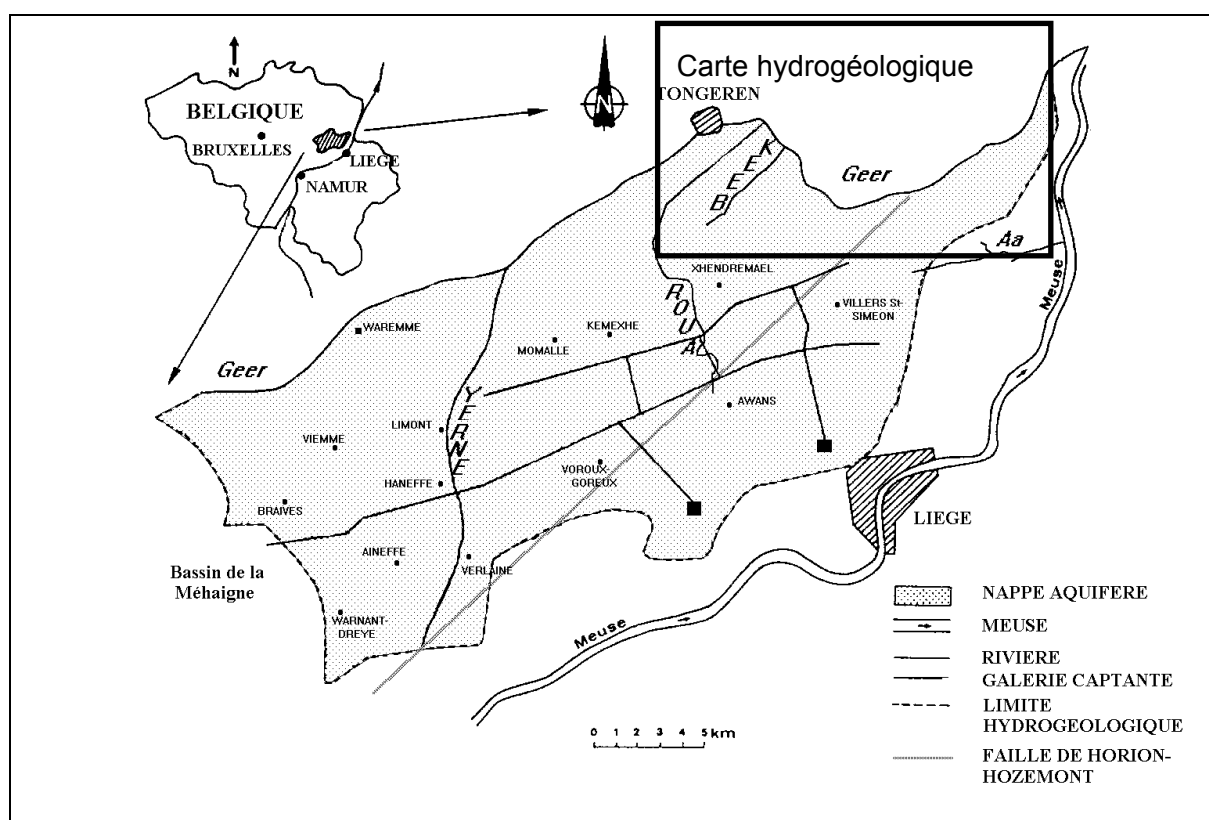


Figure I.1 : Plan de localisation

II. CADRES GEOGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE, HYDROGRAPHIQUE ET PEDOLOGIQUE

La carte de Tongeren-Herderen se situe en Moyenne Belgique, plus précisément en Hesbaye sèche. Cette appellation est liée au contexte géologique et géomorphologique de la région. En effet, de nombreuses vallées sèches de direction générale nord-sud (directions secondaires SW-NE, SE-NW) façonnent le paysage en une succession de crêtes et de dépressions largement arrondies et à pente souvent dissymétrique. La plupart de ces vallées sèches ont une origine périglaciaire, mais l'assèchement de certaines doit être lié à des infiltrations favorisées par la dissolution lente des craies.

Le réseau hydrographique actif (par opposition au réseau hydrographique fossile) est peu dense. Cinq bassins hydrographiques se répartissent sur la carte de manière inégale (figure II.1). Le premier d'entre eux est le bassin du Geer, nommé Jeker en Flandre. Cet axe drainant principal s'écoule d'ouest en est et rejoint la Meuse à Maastricht². Le Grand Aa au sud-est et le Heeswater au nord-est de la carte sont également tributaires de la Meuse.

En revanche, le Demer et le Mombeek, au nord-ouest de la carte, font partie du bassin hydrographique de l'Escaut. L'interfluve Meuse-Escaut se situe aux alentours de la cote 110-120 m, tandis que l'altitude de la zone cartographiée est comprise entre 70 m dans la vallée du Geer à sa sortie de la carte, et 150-160 m entre Paifve et Houtain-Saint-Siméon, au sud de la carte.

² Le Geer a la particularité de passer sous le Canal Albert à Kanne par un système de siphon. Ensuite, il se poursuit jusqu'à sa confluence avec la Meuse dans son lit naturel.

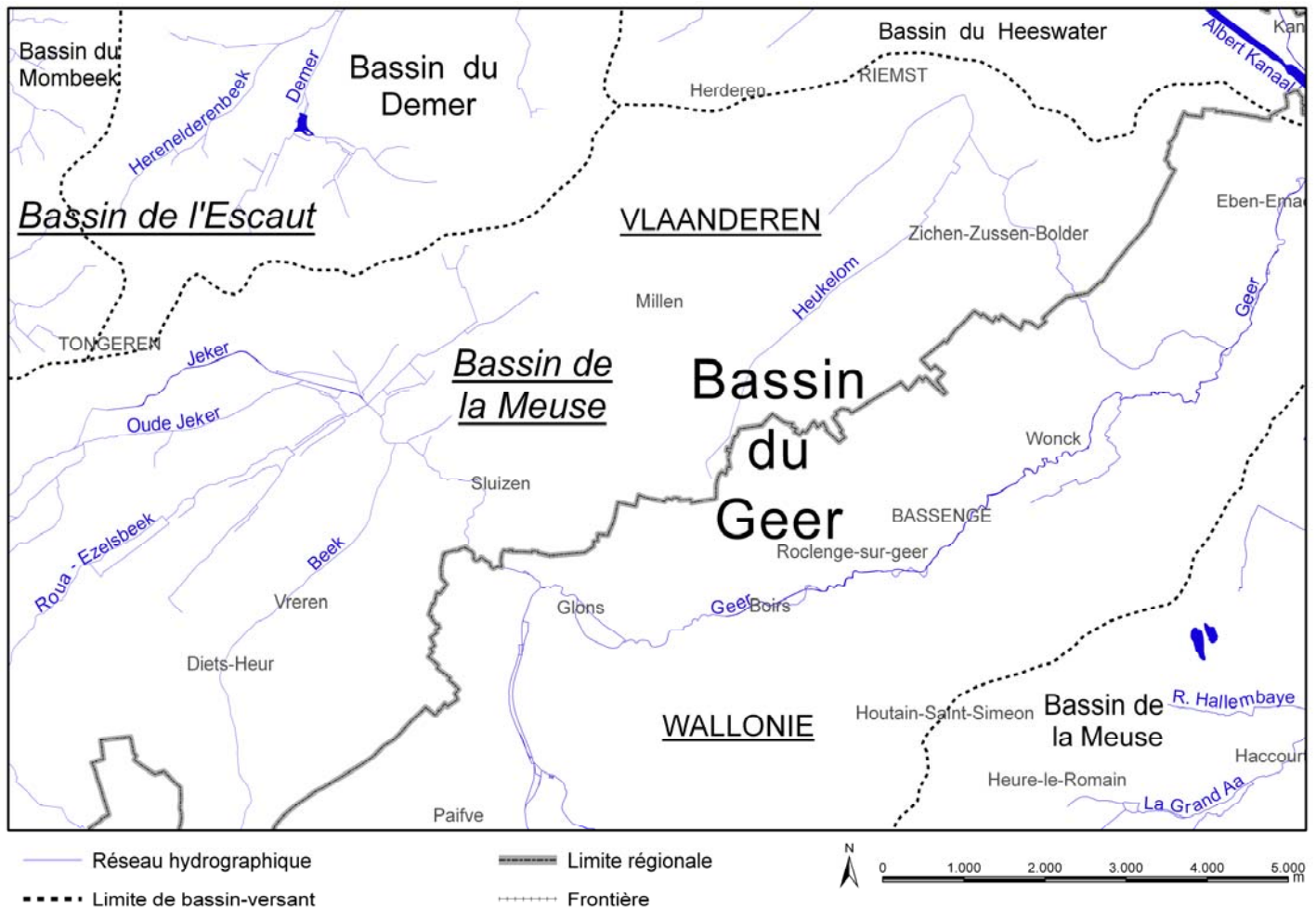


Figure II.1: Réseau hydrographique et bassins versants

La région hesbignonne est caractérisée par un paysage d'openfield, constitué de vastes campagnes ouvertes mollement ondulées et parsemées de villages souvent ceinturés par des prés et des vergers. A l'origine, l'habitat était groupé autour de l'église. Actuellement, il se développe avec des extensions le long des voies principales. Cette périurbanisation croissante engendre une dispersion de l'habitat. On observe très peu de forêts et de prairies. Le secteur agricole est essentiellement représenté par de grandes surfaces cultivées (essentiellement des céréales). L'occupation du sol de la carte Tongeren-Herderen est présentée à la figure II.2. Ces données sont extraites de la carte numérique de l'occupation du sol wallon³. Environ 44 % de la carte étudiée est donc couverte (soit $\approx 70 \text{ km}^2$). Les territoires

³ La Carte de l'Occupation du Sol en Wallonie (COSW) est dressée au 1/10 000. Elle est basée sur les données cartographiques vectorielles à la Région wallonne. La couche de base est le PLI (Plan de Localisation Informatique

agricoles occupent plus des deux tiers de la zone cartographiée (soit $\approx 48 \text{ km}^2$). La répartition des affectations du sol à l'intérieur de cette catégorie est présentée dans le tableau II.1. Ensuite, viennent les territoires artificialisés, avec environ 12 km^2 . Dans cette catégorie, sont inclus les terrains résidentiels, les espaces d'activités économiques, les carrières et les décharges pour l'essentiel. La classe "non cadastré" est constituée de plus de 70 % de voiries et espaces associés. Les zones humides, occupées par des marais intérieurs, sont surtout localisées dans la partie aval de la vallée du Geer, dans la commune d'Eben-Emael. Elles occupent 3,3 hectares.

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|------|
| Terres arables: cultures sarclées et non sarclées, jachères (cultures annuelles) | 71 % |
| Surfaces enherbées (essentiellement des prairies permanentes) | 23 % |
| Cultures permanentes (essentiellement des vergers hautes tiges) | 5 % |
| Friches agricoles | 1 % |

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

Les terres arables se localisent principalement sur les plateaux et les interfluves. Tandis que les prairies occupent les fonds de vallées. Les vergers se situent généralement le long des cours d'eau (Geer, Grand Aa, ruisseau d'Hallembaye) et sont insérés dans le bâti.

La répartition des différents types de sols présents dans la région est montrée sur la figure II.3. Les sols limoneux à drainage naturel favorable représentent la classe dominante, type particulièrement favorable aux activités agricoles. Dans le fond des vallées (surtout la vallée du Geer), on observe des sols à drainage modéré ou imparfait, à drainage assez pauvre à très pauvre, avec des horizons réduits. La comparaison avec la carte précédente de l'occupation du sol montre qu'à ces sols correspondent des zones humides. Des sols à charge de silicite⁴ ou de gravier sont également relevés sur cette carte. Ils sont à rapprocher, respectivement, du conglomérat à silex (résidu de dissolution des terrains crayeux du Crétacé) et des alluvions et terrasses fluviales.

– 1/10 000). On peut considérer en effet qu'il couvre l'ensemble du territoire régional, même si une partie de ce dernier n'est pas « cadastrée » (5 % de la surface). Pour plus d'informations: <http://cartographie.wallonie.be>

⁴ Silicite: 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)

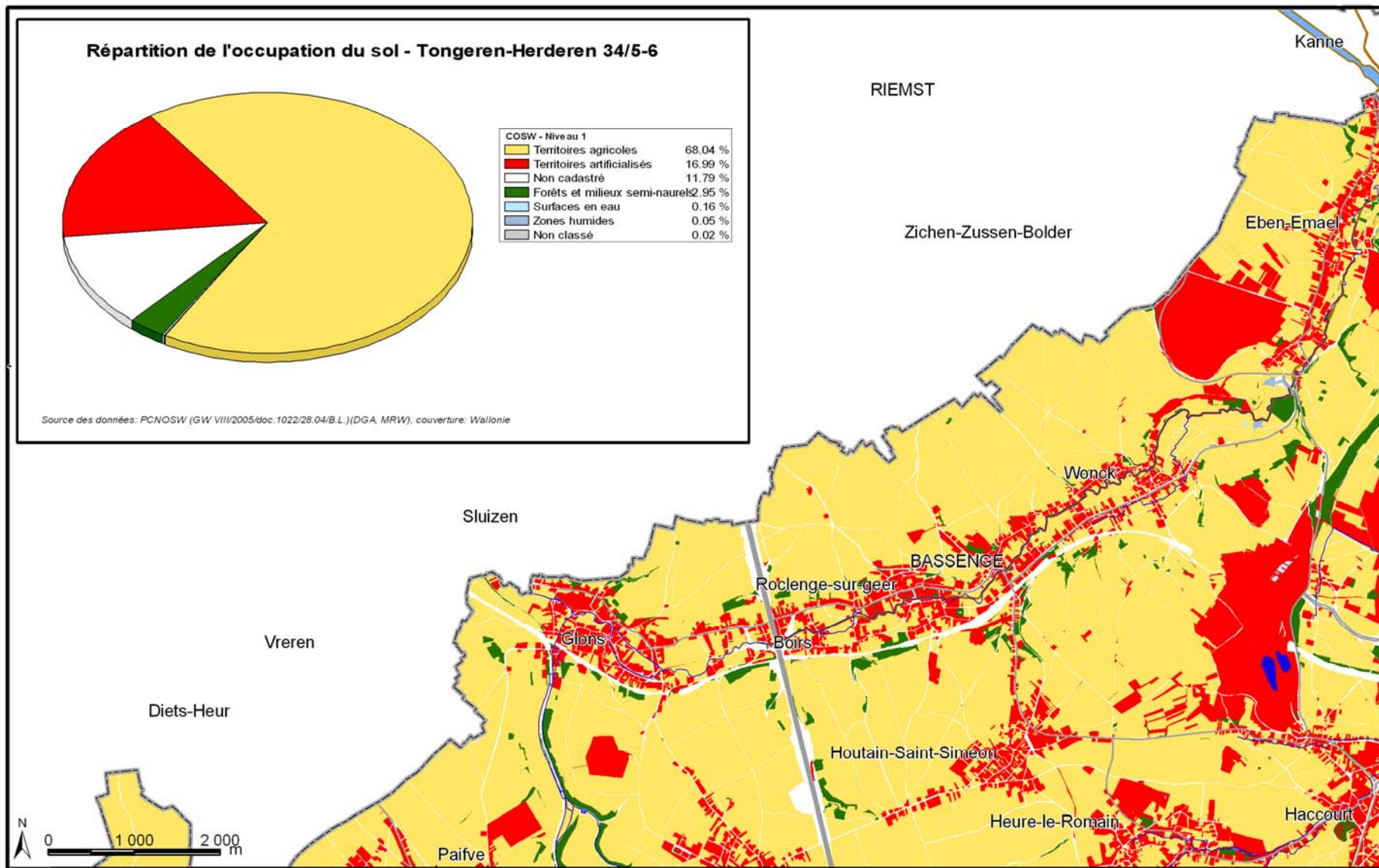


Figure II.2: Répartition de l'occupation du sol

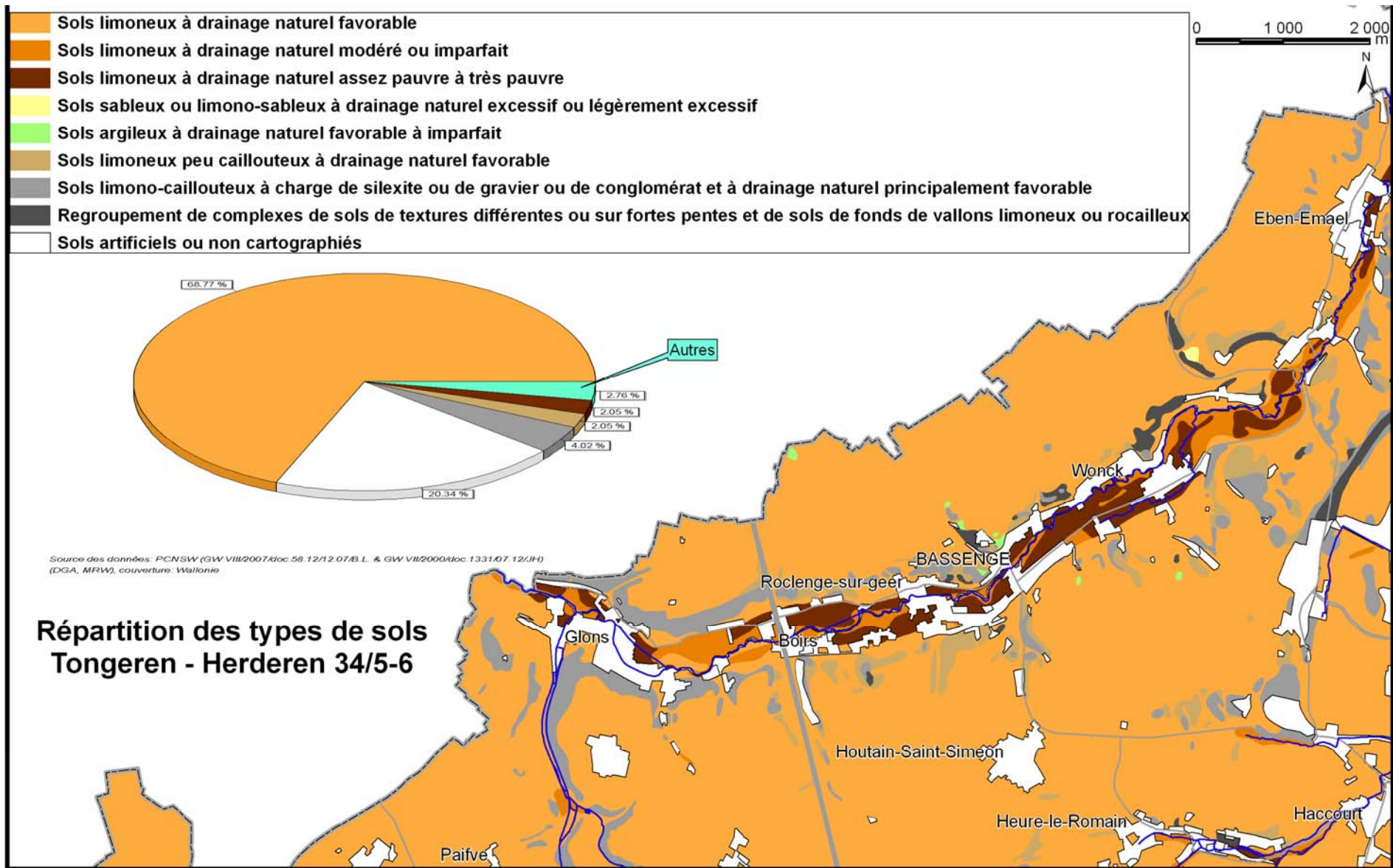


Figure II.3: Répartition des types du sol

III. CADRE GEOLOGIQUE

III.1 CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL

La carte étudiée s'intègre dans la partie septentrionale de la région liégeoise qui constitue la Hesbaye. La géologie est caractérisée par des terrains du Mésozoïque et du Cénozoïque, faiblement inclinés vers le nord et reposant par une discordance sur le socle autochtone du Paléozoïque. Ce dernier, plissé lors de l'orogénèse varisque, a été pénéplané ultérieurement. Ce socle qui n'affleure que sur les versants de la vallée mosane et de quelques vallons adventifs, s'articule autour de l'anticlinorium du Massif calédonien du Brabant flanqué au sud du synclinorium de Namur et du synclinale de Liège qui ont donné lieu aux deux grands bassins charbonniers de Wallonie. Cet ensemble est bordé au sud par la faille du Midi, faille eifélienne, qui charrie l'allochtone ardennais *lato sensu* dans une translation nord d'environ 15 à 20 km.

Le Mésozoïque de Hesbaye, prolongé de celui du Pays de Herve, annonce une transgression marine septentrionale qui dépose des sédiments crayeux. Il a son pendant méridional dans le Bassin de Mons dont il ne reprend que les étages les plus tardifs. Au cours du Cénozoïque, les dernières pulsations transgressives de la Mer du Nord déposent une succession de couches sableuses et argileuses en Flandre et en Wallonie jusque sur le plateau ardennais où subsistent des poches relictuelles. Au Quaternaire, une ultime surrection voit l'Ardenne définitivement émergée que l'érosion façonne en une nouvelle pénéplaine en même temps qu'un encaissement par saccades approfondit le lit de la Meuse dont les terrasses étagées sont les témoins. Enfin, la couverture superficielle est formée de limon parfois épais et, dans la zone de la carte, de dépôts éoliens (loess) plus ou moins marqués.

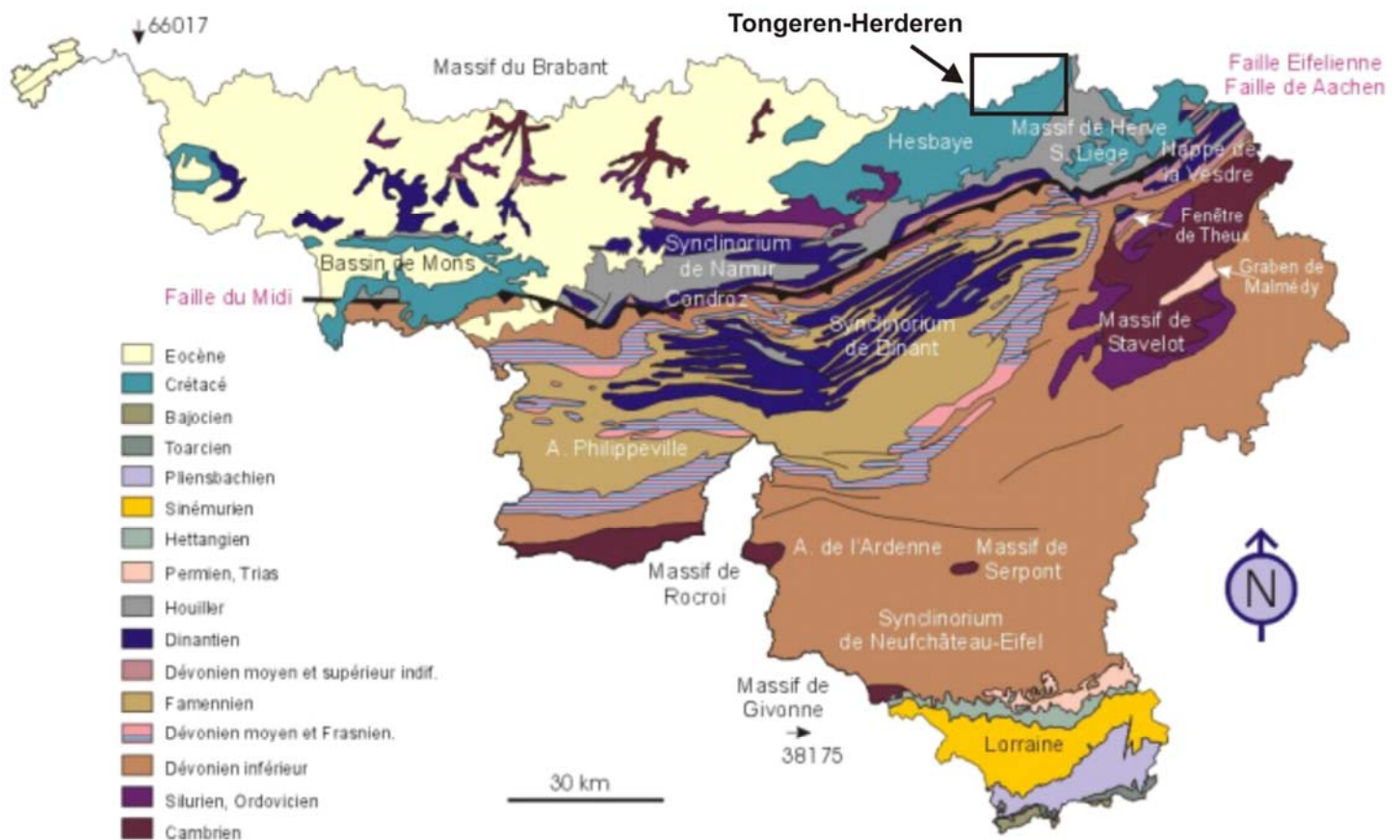


Figure III.1: Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2008; modifié)

III.2 CADRE GEOLOGIQUE DE LA CARTE

III.2.1 Cadre lithostratigraphique

Les formations géologiques rencontrées sur la carte Tongeren-Herderen sont constituées de roches datant du Houiller et du Crétacé, partiellement recouvertes par les terrains cénozoïques. Le Houiller affleure dans la vallée de la Meuse et sur ses versants, tandis que les formations du Crétacé se rencontrent sur le plateau hesbignon, reposant sur le socle paléozoïque pénéplané. Ces formations, paléozoïques et mésozoïques, sont affectées de nombreuses failles. Ces fractures ne sont pas toujours identifiées clairement et sont peu cartographiées.

A défaut d'une carte géologique récente, la description lithologique des formations fait référence à la carte n°107 de E. Van den Broeck et H. Forir (1903) dressée au 40 000^e éditée par le Service Géologique de Belgique. Cette carte géologique sert de fond à la carte hydrogéologique. A la demande du comité de pilotage de la nouvelle carte géologique, les dénominations employées ici font référence à l'ancien fond géologique (la nouvelle carte n'étant pas encore tracée).

Rappelons que, pour les anciennes cartes géologiques, l'unité de base est « l'assise », celle-ci constituant une unité chronostratigraphique, à la différence de la nouvelle édition où l'unité de base est la formation lithostratigraphique cartographiable à l'échelle de la carte. En outre, certains termes, anciens et locaux, ne sont plus très usités dans la terminologie actuelle (Dejonghe, 1998).

III.2.1.1 Formations du Paléozoïque

III.2.1.1.1 Cambro-Silurien

Les terrains cambro-siluriens constituent le socle sur lequel reposent, en discordance, les dépôts mésozoïques du plateau de Hesbaye. Cette pénélaine épi-varisque est inclinée vers le nord-est et est affectée par plusieurs failles importantes dont un rejeu récent de la faille d'Horion-Hozémont, prolongement de la Faille Bordière qui désolidarise le Cambro-Silurien du Massif du Brabant du Carbonifère du synclinorium de Namur. Ainsi les calcaires du Viséen inférieur ou éventuellement les schistes du Houiller du compartiment sud-est sont mis en contact avec les phyllades et les quartzites du Cambro-Silurien du compartiment nord-ouest.

Le Cambro-Silurien, qui n'affleure pas dans les limites de la carte, n'a été observé que dans des forages. Il n'est donc pas repris dans le tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie'.

III.2.1.1.2 Carbonifère

Ce système n'est représenté, sur la carte Tongeren-Herderen, que par le Houiller inférieur: Namurien (H1). Ces terrains n'affleurent que dans la partie sud-est de la carte, dans la vallée du Grand Aa et de la Meuse. Des forages géologiques profonds (> 100 m) à l'interfluve Geer-Meuse ont atteint le socle houiller à environ 115 m de profondeur. A l'est de Houtain-Saint-Siméon, un forage de 201,74 m a traversé le Namurien de 92 à 143,8 m et atteint le Viséen (SGB:107E0246).

Le Namurien est formé par des alternances de schistes plus ou moins gréseux, de psammites et de grès avec des intercalations de veines de charbon, d'épaisseur comprise entre 0,5 et 1 m, mais pouvant atteindre 2,5 m au maximum. Ces roches ont été intensément plissées et faillées lors de l'orogénèse varisque puis pénéplanées avant la transgression du Crétacé.

A l'aplomb du centre d'enfouissement technique (CET) d'Hallembaye; on note d'ailleurs un pendage des couches de 20 à 30° vers le SSE (Rapports ISSeP, 2007).

Les terrains du Houiller ont fait l'objet de nombreuses exploitations minières (principalement localisées en dehors de la carte étudiée). Ces extractions ont provoqué des affaissements

accompagnés de fissurations notables des terrains sus-jacents, altérant ainsi leurs caractéristiques mécaniques jusqu'en surface.

III.2.1.2 Formations du Mésozoïque

III.2.1.2.1 Crétacé

Au début du Crétacé, survint la phase tectonique néocimmérienne. Ce vaste mouvement subsident du socle se traduit par une transgression marine venue du nord et par le dépôt de formations argilo-marneuses et crayeuses du Campanien et du Maastrichtien, suivis dans la foulée par le dépôt des Formations du Cénozoïque.

La craie est formée d'une accumulation de coccolithes (squelettes de calcite de 2 à 10 µm de végétaux unicellulaires) et de foraminifères planctoniques sédimentés dans un contexte marin. La craie est plus ou moins cohérente ou indurée par l'effet plus ou moins marqué par la diagénèse et la pression lithostatique.

| Ère | Système | Série | Étage | Assise | Lithologie | Abréviation tirée de la carte géologique (1903) |
|-------------------|-------------------|-----------------|---------------|------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| | | | | | Conglomérat à Silex (argile, sable, silex) | Sx |
| MEZOZOIQUE | CRETACE | SENONIEN | Maastrichtien | | Tuffeaux et calcarénites | M |
| | | | | | Craie tigrée, bancs de silex | |
| | | | | | Craie grise | |
| | | | | Hardground de Froimont | Craie indurée | |
| | | | Campanien | Craie de Spiennes | Craie à silex | Cp4 |
| | | | | Craie de Nouvelles | Craie blanche | Cp3b-c |
| | | | | Craie de Loën | Craie glauconifère | Cp3a |
| | Smectite de Herve | Argile marneuse | Cp2 | | | |

Tableau III.1: Lithologie du Crétacé de Hesbaye

En Hesbaye, les formations suivantes se succèdent, de bas en haut:

a) la smectite de Herve (Cp2)

Datant du Campanien inférieur, elle consiste en un matériau marneux, de teintes vertes, gris vert ou gris foncé, contenant 20 à 35 % de CaCO₃. La base est fréquemment soulignée par un fin conglomérat à cailloux arrondis de quartz, quartzite, grès, schistes ou encore de calcaires. Des rognons de pyrite et de marcassite y abondent. Vers le sommet, elle devient plus crayeuse et se charge en glauconie (Thorez et Monjoie, 1973).

A quelques rares endroits, la smectite de Herve est absente; la craie repose alors sur une argile d'altération du substrat cambro-silurien, reconnue comme peu ou non aquifère.

Le sommet de la smectite de Herve accuse une faible pente de 1 à 1,5 % vers le nord (voir carte thématique des isohypses). Dans l'ensemble, son épaisseur croît de l'ouest en est de quelques mètres à 10 mètres et plus. Dans les carrières d'Hallembaye, elle est estimée à une vingtaine de mètres.

b) l'Horizon de Loën (Cp3a)

Il consiste en une craie glauconifère, d'épaisseur généralement métrique; en l'absence de smectite de Herve, il repose directement sur le socle paléozoïque.

c) la craie du Campanien supérieur (Cp3b-c, Cp4)

Définie comme craie blanche, ou craie inférieure, elle se présente en bancs réguliers, inclinés de 1 à 2 % vers le NNW et totalise en moyenne une vingtaine de mètres d'épaisseur, soit, dans l'ensemble, les deux tiers de la puissance globale des craies dans la région. Compte tenu du caractère transgressif des dépôts, cette épaisseur va en diminuant vers l'ouest. La fraction carbonatée avoisine toujours les 95 %, avec quelques rares silex isolés.

Dans cette formation, la circulation des eaux est principalement limitée aux réseaux denses de diaclases et de fissures associés au droit des vallées sèches, aux failles qui affectent le socle paléozoïque et aux irrégularités de la surface de discordance qui le coiffe. De ce fait, la perméabilité d'ensemble est souvent anisotrope et hétérogène.

d) le Hardground dit Horizon de Froimont

Ce niveau de craie indurée d'extension régionale - puisque retrouvé notamment au sud de Louvain - souligne un arrêt de la sédimentation et marque une lacune importante entre le Campanien et le Maastrichtien (Calembert, 1953, 1958). Ce hardground, véritable surface-repère, apparaît sous la forme d'un banc d'épaisseur le plus souvent métrique, incliné régulièrement de 1 à 3 % vers le NW. Cette régularité d'ensemble est en fait perturbée par quelques ravinements ou encore par des perforations remplies de craie glauconifère. Il est affecté par de nombreuses failles normales délimitant des horsts et des grabens de rejets limités et souvent altérées. Dans la partie sud de la Hesbaye, cet horizon atteint la surface topographique et disparaît du fait de l'érosion.

L'étude détaillée des données de forages met en évidence d'autres horizons indurés sous et sus-jacents, d'extension toutefois beaucoup plus limitée et discontinue.

e) la craie grise

Craie marneuse parsemée de quelques rares silex gris, elle contient une faune d'âge maastrichtien inférieur. Le sommet est souligné par les premiers bancs quasi continus de silex.

f) la craie tigrée

D'âge maastrichtien moyen, elle devient plus grossière et plus chargée en bancs quasi continus de silex vers le sommet.

Les craies grises et tigrées sont regroupées sous le terme de craie supérieure totalisant en moyenne, dans la partie centrale de la nappe des craies de Hesbaye, dix à quinze mètres d'épaisseur. Elles sont affectées par des phénomènes de détente et d'altération engendrant des fissures et des diaclases ouvertes et aquifères; elles présentent une perméabilité d'ensemble supérieure et souvent plus homogène et isotrope que celle de la craie blanche campanienne.

g) les tuffeaux et calcarénites à gros bancs de silex

Craies blanches jaunâtres, tendres et poreuses, ruches en débris coquilliers, les tuffeaux affleurent dans la partie nord de la Hesbaye. Suite à leur émergence et avant les transgressions tertiaires, les tuffeaux ont subi d'intenses altérations continentales conduisant à leur dissolution et à la formation corollaire :

- de ravines et d'entonnoirs karstiques. Ce caractère karstifié du sommet de la craie est bien mis en évidence par les nombreux effondrements observés en surface;
- de niveaux phosphatés autrefois localement exploités;
- d'un conglomérat résiduel à silex, de perméabilité variable, recouvrant l'ensemble des dépôts crétacés.

III.2.1.3 Formations du Cénozoïque

III.2.1.3.1 Paléogène

Les trois séries du Paléogène sont mentionnées sur la carte géologique Tongeren-Herderen. Certaines, n'ayant été reconnues qu'en forages, ne figurent pas dans le tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie' de la carte hydrogéologique. D'une manière générale, l'estimation de l'épaisseur de ces terrains est difficile à établir. Ils se répartissent irrégulièrement sur le plateau hesbignon sur de grandes étendues ou en lambeaux et avec des épaisseurs variables, pouvant atteindre par endroits une trentaine de mètres.

a) Paléocène

Le Heersien et le Landenien n'affleurent pas sur la carte étudiée. Ils n'ont été identifiés qu'au droit de quelques forages aux alentours de Tongres.

L'étage *Heersien*⁵ (Hs) est composé de sable gris marneux glauconifère, de marne blanche légèrement glauconifère et de sable fin glauconifère.

L'étage *Landenien*⁶ est représenté par son Assise inférieure (L1), composée de cailloux de silex noir et gravier silexifère, et de sable argileux foncé et argile sableuse glauconifère.

b) Eocène – Oligocène

L'étage *Tongrien*⁷ est essentiellement présent au nord du Geer. Il est daté de l'Eocène et monte dans l'Oligocène. L'Assise inférieure (Tg1) est composée de cailloux de silex à la base, suivis de sable meuble à grains moyens, peu ou pas glauconifères. Viennent ensuite des sables fins argileux micacés grisâtres ou jaunâtres passant latéralement à des sables demi-fin non argileux, clair et meuble. Elle s'achève par un sable micacé, meuble, glauconifère, finement stratifié, verdâtre (Horizon de Neerpen). L'Assise supérieure (Tg2) débute par un sable quartzeux meuble, verdâtre, suivi des glaises vertes plastiques avec des zones noires et des intercalations

⁵ Dans la nouvelle nomenclature, le Sélandien (ou Infra-Landenien) est l'équivalent du Heersien. Il n'existe qu'en Hesbaye.

⁶ Dans la nouvelle nomenclature, le Thanétien est l'équivalent du Landenien.

⁷ Dans la nouvelle nomenclature, le Groupe de Tongeren est l'équivalent stratigraphique du Tongrien, terme tombé en désuétude.

sableuses. Elle se termine par des sables jaunes et des marnes grises très fossilifères (Vieux Joncs ou Oude Biezen).

L'étage *Rupelien*⁸ clôture la représentation oligocène de la région de Tongeren-Herderen où il affleure peu (coin nord-ouest). L'Assise inférieure (R1) commence par un niveau de silex roulés, surmonté par des sables blancs, meubles, quartzeux, purs, à grains moyens où s'intercale une couche d'argile sableuse gris verdâtre. L'Assise supérieure (R2) est formée de sa base à son sommet par un cailloutis hétérogène, par un sable quartzeux, meuble, à grains moyens, par une argile sableuse (verdâtre) et une argile schistoïde, et par un sable fin quartzeux, meuble, jaunâtre. Dans la nouvelle nomenclature de l'échelle géologique, le Rupelien supérieur, R2c, composé essentiellement d'argile devient la Formation de Boom. Cette formation, épaisse de quelques mètres dans l'Est de la Flandre, peut atteindre 150 m dans le nord de la Belgique (Laga et al, 2001). L'argile de Boom n'affleure pas en Wallonie.

III.2.1.3.2 Néogène

Au Miocène, les rivages de la Mer du Nord se situent dans la partie centrale du Massif du Brabant et ne débordent que très localement en Wallonie. Par après, la Wallonie restera émergée jusqu'à nos jours (Boulvain & Pingot, 2008). Cette série affleure peu sur la carte de Tongeren-Herderen (coin nord-ouest). Elle est représentée par l'étage *Bolderien* (Bd), constitué de cailloux roulés de silex noirs et de sable fin, meuble, jaunâtre ou verdâtre, micacé et un peu glauconifère.

III.2.1.3.3 Quaternaire

a) les limons du plateau de Hesbaye

Le plateau de Hesbaye est recouvert de limon éolien d'épaisseur comprise entre 2 mètres et une vingtaine de mètres. Ce loess, d'origine nivéo-éolienne (glaciation Würm) joue le rôle de filtre pour l'alimentation de la nappe.

b) les alluvions anciennes et modernes

Les alluvions récentes de la Meuse et les terrasses fluviales sont composées de limons fluviaux d'épaisseur variable (3 à 8 m) surmontant des sables et graviers roulés d'une

⁸ Dans la nouvelle nomenclature, le Groupe de Rupel est l'équivalent stratigraphique du Rupelien.

puissance comprise entre 2 et 10 m. Les terrasses mosanes, constituant les alluvions anciennes, ne sont pas reprises sur la carte géologique de 1903 (n°107).

La structure des dépôts de la plaine alluviale de la Meuse est typique d'un fleuve périglaciaire à lits anastomosés, avec des îlots de graviers, des chenaux fluviaux, des bras remblayés... Ces nombreuses variations du faciès de la couche graveleuse, comprise entre le bed-rock houiller et les limons fluviaux peu perméables jouent un rôle hydrogéologique non-négligeable, dont il sera question dans le chapitre 'Hydrogéologie'.

Les dépôts alluviaux de la vallée du Geer composés à la base d'une couche de graviers surmontée de limons argileux et localement de tourbe, reposent directement sur les terrains crayeux altérés (informations fournies lors des forages des piézomètres de la SWDE).

III.2.2 Cadre structural

La carte Tongeren-Herderen se trouve à l'extrémité nord du Synclinal de Liège (prolongement nord-est du Synclinorium de Namur). Les terrains houillers du Bassin de Liège reposent en discordance sur le Massif du Brabant. Au nord, on aborde la Campine avec son bassin houiller situé en profondeur sous les terrains de couverture mésozoïque et cénozoïque. A l'est, se trouve le Massif de Visé (terrains carbonifères et dévoniens) puis le Massif de Herve. La figure III.2 présente un schéma explicatif simplifié du contexte structural dans lequel s'inscrit la carte Tongeren-Herderen.

Le synclinal de Liège est une structure dissymétrique déjetée vers le nord. Son flanc septentrional est modérément incliné et son flanc méridional est vertical, voire renversé. Le Bassin houiller liégeois est fortement plissé et faillé. On observe un grand nombre d'accidents tectoniques (souvent masqués par la couverture crétacée).

Sous le plateau de Hesbaye, on observe que le socle paléozoïque pénéplané (pénéplaine épi-varisque) est affecté de failles d'importances diverses, tant du point de vue de leur extension que de leur rejet. La plus importante est la faille de Horion-Hozémont ou faille Bordière du Massif du Brabant qui met en contact les calcaires du Viséen inférieur et éventuellement les schistes du Houiller (compartiment SE) et les schistes et grès du Cambro-Silurien (compartiment NW). Cette faille longitudinale a rejoué après les dépôts du Mésozoïque, provoquant, outre une intense fracturation des craies crétacées, un rejet de plusieurs mètres de la base du réservoir aquifère. Dans la région de Slins (entre Paifve et Houtain-Saint-Siméon), où les sondages ont révélé une descente relative de 3 à 5 mètres du compartiment SE, la craie y est fortement fracturée et diaclasée augmentant sa perméabilité (P. Jungels, 1968). La faille de Horion-Hozémont traverse la carte hydrogéologique Tongeren-Herderen selon une direction sensiblement N45°E en passant par la commune de Bassenge.

Outre cette faille, il existe diverses failles de gravité d'orientation générale N-S et de petites failles liées à la tectonique hercynienne et ayant rejoué ultérieurement. Ces failles se manifestent souvent par de petites anomalies de la surface piézométrique suite à une augmentation de perméabilité liée à la fissuration induite dans les craies. Elles ne sont pas reprises sur la carte géologique du SGB.

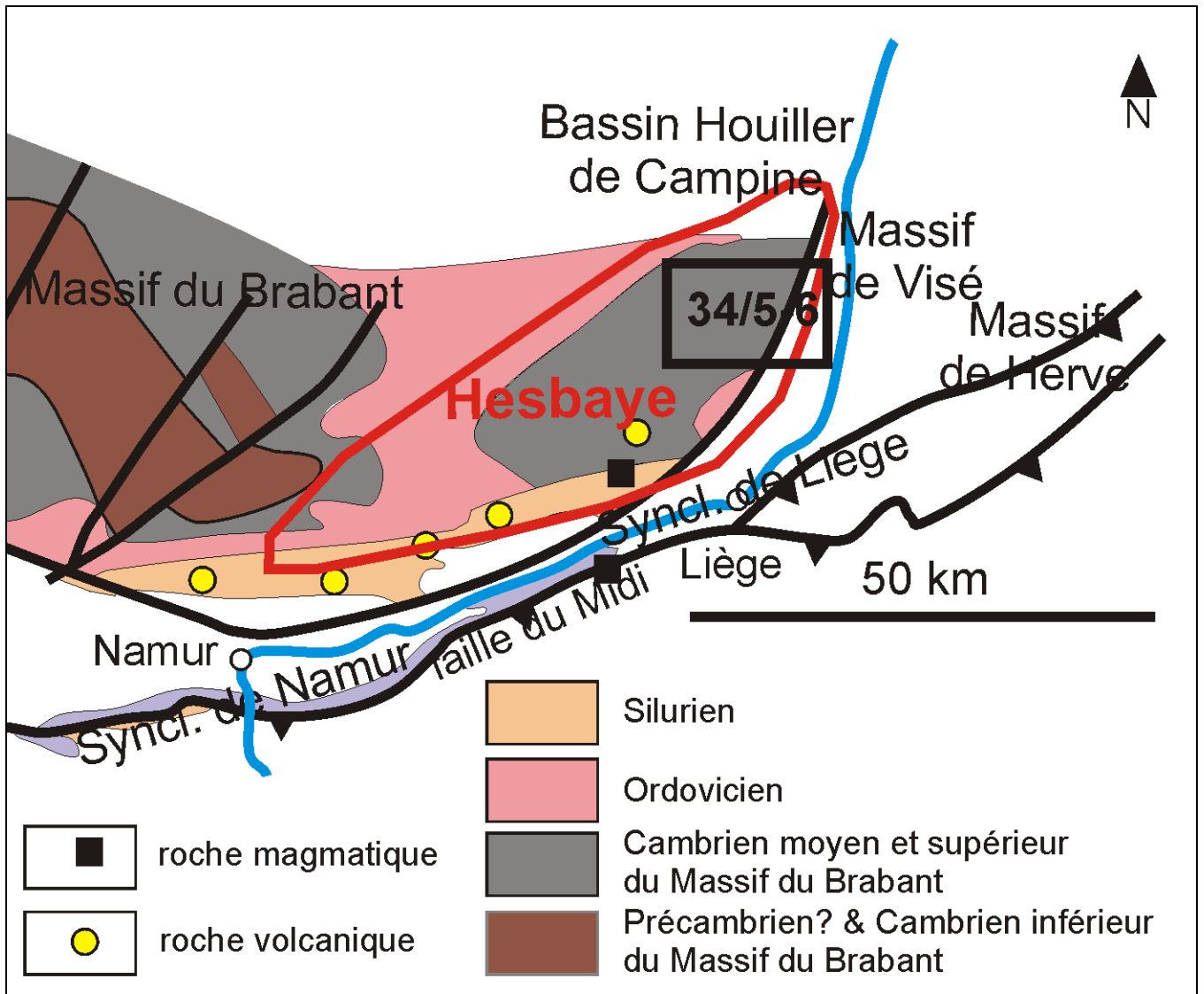


Figure III.2: Contexte structural de la région de Tongeren-Herderen (schéma)

IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE

L'aquifère principal de cette carte hydrogéologique est la nappe des craies de Hesbaye. Dans la vallée mosane, la nappe logée dans les sables et graviers alluvionnaires est exploitée par quelques industries. D'autres aquifères sont présents dans cette région : la nappe de fissures dans le bed-rock paléozoïque, la nappe logée dans les sables tertiaires du plateau, ainsi que de petites nappes locales et temporaires dans les terrasses de la Meuse.

Les formations géologiques sont regroupées selon leurs caractéristiques hydrodynamiques. Trois termes sont utilisés pour décrire les unités hydrogéologiques, selon le caractère plus ou moins perméable des formations :

- aquifère : formation perméable contenant de l'eau en quantités exploitables (UNESCO, 1992);
- aquitard : formation semi-perméable permettant le transit de flux à très faible vitesse et rendant la couche sous jacente semi-captive (Pfannkuch, 1990);
- 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 (UNESCO, 1992).

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

Une carte simplifiée, présentée en annexe 3, reprend l'ensemble des puits, piézomètres, sources cités dans le texte.

IV.1 DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES

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

Comme annoncé précédemment, cette carte hydrogéologique est basée sur la carte géologique de 1903 couvrant l'ensemble de la planche (carte du SGB). Bien qu'il existe une cartographie

géologique plus récente pour la partie flamande, le choix d'utiliser la carte géologique ancienne est justifié par l'absence de couverture géologique récente de la zone wallonne pour la région de Tongeren-Herderen. De plus, la nomenclature et le découpage des formations géologiques utilisés en Flandre diffèrent de ceux qui étaient en vigueur sur les cartes géologiques du SGB. Concernant la classification hydrogéologique, la Flandre s'est dotée d'une codification hydrogéologique du sous-sol (HCOV: Hydrogeologische Codering van de Ondergrond in Vlaanderen) définissant 14 unités hydrogéologiques (Meyus et *al.*, 2000; Meyus et *al.*, 2005). Des informations détaillées sont disponibles sur le site 'Databank Ondergrond Vlaanderen', DOV (<http://dov.vlaanderen.be/>). En fin de chapitre, une brève description sur la classification des formations aquifères adoptée en Flandre est présentée.

IV.1.1 Unité hydrogéologique du Paléozoïque

IV.1.1.1 Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

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

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

Les zones d'anciennes exploitations minières ont vu leur potentiel aquifère augmenter. La fracturation du massif rocheux, induite par les travaux miniers, a entraîné une augmentation de la perméabilité et une diminution de ses qualités géomécaniques. Ceci peut conduire localement à des affaissements miniers. D'autre part, les anciennes exploitations faites dans les versants ont été réalisées grâce à des galeries creusées au niveau de la plaine alluviale et rabattant la nappe du bed-rock houiller. Elles sont devenues inopérantes quand les exploitations minières se sont prolongées en profondeur et que l'exhaure intensive a rabattu la nappe du Houiller. La remontée de la nappe suite à l'arrêt de l'exhaure minière a rendu à ces anciennes galeries leur rôle de drain, pour autant que ces dernières ne se soient pas effondrées (colmatage suite à des éboulements). Dans la région de Liège, des remontées du niveau d'eau dans le Houiller comprises entre le mètre et la dizaine de mètres ont été observées.

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

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

zones non exploitées en terrains schisteux ou gréseux compacts : la perméabilité est faible ou nulle : 0 à 10 unités Lugeon (0 à $1,5-2 \cdot 10^{-6}$ m/s);

zones non exploitées avec un substratum gréseux fracturé : la perméabilité est très variable suivant le taux de fissuration et le type de fissures pouvant parfois être supérieure à 200 unités Lugeon ($>3-4 \cdot 10^{-5}$ m/s);

zones exploitées (travaux miniers) : la perméabilité varie irrégulièrement en fonction de la lithologie et de l'importance des tassements miniers et peut atteindre des valeurs élevées (30 à

50 unités Lugeon ou $6 \text{ à } 10 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$), principalement dans les plis et les murs de couches de charbon.

IV.1.2 Unités hydrogéologiques du Mésozoïque

IV.1.2.1 Aquiclude des marnes du Campanien

La smectite de Herve constitue le mur peu perméable de l'aquifère crétacé. En bordure des plateaux délimités par les vallées des cours d'eau, le contact entre cette argile marneuse, matériau peu perméable, et la craie sus-jacente, perméable, est souligné par la présence de sources pouvant provoquer d'importants ravinements sur les versants et saturant le colluvium et les terrains superficiels.

IV.1.2.2 Aquifère des craies du Crétacé

Toutes les formations crayeuses du Crétacé composent cette unité hydrogéologique. Il s'agit des Assises de Nouvelles-Loën et Spiennes (Campanien) et de l'ensemble de l'Etage maastrichtien. Le conglomérat à silex (Sx) est également inclus dans cette unité.

L'aquifère des craies présente une double porosité (interstices et fissures). La perméabilité et la porosité de la craie varient fortement selon l'échelle de grandeur (Dassargues & Monjoie, 1993):

à l'échelle microscopique (quelques centimètres), la craie est un matériau légèrement compact mais poreux (porosité de 40 %) qui ne permet qu'une faible et lente circulation de l'eau (conductivité hydraulique de l'ordre de $1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$). L'eau contenue dans une telle roche n'est que très difficilement libérée, sauf au travers de micro-fissures qui augmentent localement la perméabilité de la craie. Cette porosité de pores favorise principalement le stockage de l'eau qui peut ensuite s'écouler via les fissures;

à l'échelle macroscopique (quelques dizaines de mètres), des réseaux de fissures plus ou moins denses sont observés. Ils élèvent de façon significative la conductivité hydraulique de la craie, de l'ordre de $1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$. La porosité efficace (de drainage) liée aux fissures représente environ 5 % d'eau facilement mobilisable;

à l'échelle de la nappe de Hesbaye, des accidents tectoniques ont fissuré la roche. Au droit des zones faillées, souvent observées à l'aplomb des vallées sèches, la craie peut présenter une conductivité hydraulique élevée ($1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$) et une porosité efficace de fissures de 10 à 15 %. D'autre part, lors du creusement des galeries captantes de Hesbaye, des conduits karstiques d'ouverture centimétrique ont été recoupés. Les fortes perméabilités et porosités peuvent également être mesurées au sommet des craies, du fait de la forte altération par dissolution.

Le hardground, niveau induré d'extension régionale (voir [chapitre III.2](#) sur la géologie de la carte), intervient dans la dynamique de l'écoulement. Sa faible conductivité hydraulique (de l'ordre de $2 \cdot 10^{-5}$ m/s) peut générer une discontinuité entre la nappe qui est logée dans la craie inférieure d'âge campanien et celle de la craie supérieure d'âge maastrichtien. Les fracturations qui l'affectent conduisent, localement, à des circulations préférentielles de l'eau entre ces deux aquifères.

IV.1.3 Unités hydrogéologiques du Cénozoïque

IV.1.3.1 Aquifères des sables de l'Oligocène et du Miocène

Sur la carte Tongeren-Herderen, les sables de l'Oligocène inférieur et de l'Eocène supérieur (Tongrien inférieur – Tg1) sont présents sur le plateau de Hesbaye essentiellement au nord du Geer. Ils peuvent contenir une nappe d'extension réduite et d'épaisseur relativement faible (quelques mètres). Lorsque les terrains sous-jacents sont suffisamment perméables, la nappe des sables alimente l'aquifère crayeux. Hydrogéologiquement, ils ont donc été définis comme aquifère.

Les sables du Miocène (Bolderien, Bd) présentent les mêmes caractéristiques. Cependant, leur extension est très limitée sur la carte étudiée. Ils affleurent uniquement sur l'interfluve du Mombeek et du Demer supérieur (coin NW de la carte).

IV.1.3.2 Aquifère à niveaux aquicludes de l'Oligocène

Tant le Tongrien supérieur (Tg2) que le Rupélien inférieur (R1) ces deux assises sont formées par une alternance de niveaux sableux et argileux aux perméabilités contrastées que l'on intègre dans une seule unité hydrogéologique caractérisée comme aquifère à niveaux aquicludes. En fonction de la lithologie dominante, soit des petites nappes perchées se développent, soit la nappe logée dans les sables alimente l'aquifère crayeux sous-jacent. Cette unité hydrogéologique est localisée au nord du Geer, surtout dans la région de Tongres et de Herderen (bord nord de la carte).

IV.1.3.3 Aquiclude de Boom

Le Rupélien supérieur (R2) est caractérisé par un niveau argileux important, l'argile de Boom. Cet horizon, qui n'affleure pas en Wallonie, présente une conductivité hydraulique très faible, de l'ordre de 10^{-12} m/s et des caractéristiques géomécaniques de plasticité particulières (beaucoup étudiées dans le cadre du stockage éventuel des déchets nucléaires). D'un point de vue hydrogéologique, il constitue une barrière très peu perméable situé à la base de l'aquifère des

sables du Miocène. Absent au sud du Geer, il affleure par contre du nord-est de Tongres sur une faible superficie.

IV.1.3.4 Aquitard limoneux

La couverture limoneuse, dont l'épaisseur peut atteindre une vingtaine de mètres, joue un rôle de filtre pour les aquifères sous-jacents, dont l'aquifère des craies de Hesbaye, lors de l'infiltration des eaux météoriques et induit un retard à l'infiltration de l'ordre de 1 mois par mètre d'épaisseur de limons (piston flow). Dans la vallée du Geer, les limons rendent la nappe des craies semi-captive.

IV.1.3.5 Aquifère alluvial

Les alluvions déposées par la Meuse et composées principalement par des sables et des graviers offrent des potentialités aquifères non négligeables. Cette nappe est alimentée par les eaux pluviales (alimentation localement réduite par l'imperméabilisation urbaine de la plaine), par les nappes sises dans les versants, ainsi que par la nappe du bed-rock sous-jacent, le niveau piézométrique de cette dernière étant souvent légèrement supérieur à celui de la nappe alluviale. D'autre part, on peut supposer également un flux entre la nappe et la rivière.

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

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

Dans la vallée du Geer, une nappe d'extension limitée est également observée dans la couche graveleuse de la base des dépôts alluviaux. Elle est généralement captive sous les limons.

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

| Ere | Système | Série | Etage | Assise | Lithologie | Abréviation | Hydrogéologie | |
|------------------------|--------------|-------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|
| CENOZOIQUE | QUATERNAIRE | HOLOCENE | | | Alluvions modernes des vallées | alm | Aquifère alluvial | |
| | | PLEISTOCENE | Hesbayen | | Limon, cailloux, gravier, sable | q3 | Aquitard limoneux (non cartographié) | |
| | | | Campinien | | Amas de cailloux, sables et argiles remaniés | q2 | | |
| | NEO-GENE | MIOCENE | Bolderien | | Sable fin, meuble, micacé, un peu glauconifère, cailloux roulés de silex | Bd | Aquifère des sables du Miocène | |
| | PALEOGENE | OLIGOCENE | | Rupelien | Supérieure | Sable fin et à grains moyens, meuble, quartzueux, argile sableuse, argile schistoïde, cailloutis | R2 | Aquiclude de Boom |
| | | | | Rupelien | Inférieure | Sable quartzueux meuble à grains moyens, argile sableuse, cailloux de silex | R1 | Aquifère à niveaux aquicludes de l'Oligocène |
| | | Tongrien | Supérieure | Sables, marnes, glaises plastiques avec intercalations sableuses, sable quartzueux meuble | Tg2 | | | |
| | | | Inférieure | Sable micacé, meuble, glauconifère, sable fin argileux, sable à grains moyens peu glauconifère, cailloux de silex | Tg1 | Aquifère des sables de l'Oligocène | | |
| | | EOCENE | | | | | | |
| | MESOZOIQUE | CRETACE | SENONIEN | Maastrichtien | | Conglomérat à silex, argile, sable | Sx | Aquifère des craies du Crétacé |
| | | | | | Tuffeaux et calcarénites | M | | |
| Hardground de Froimont | | | | Craie tigrée, bancs de silex | | | | |
| | | | | Craie grise | | | | |
| | | | | Craie indurée | | | | |
| Campanien | | | | Spiennes | Craie à silex | Cp4 | | |
| | Nouvelles | Craie blanche à silex, craie glauconifère | Cp3 | | | | | |
| | Herve | Argile marneuse | Cp2 | Aquiclude des marnes du Campanien | | | | |
| PALEO-ZOIQUE | CARBO-NIFERE | HOUILLER | Inférieur | | Grès, grès micacés, schistes. Houille maigre | H1 | Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller | |

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

IV.1.4 Unités hydrogéologiques en Flandre

La Flandre appartient à deux districts hydrographiques internationaux: le district de l'Escaut (*stroomgebied van de Schelde, SGD Schelde*) et le district de la Meuse (*stroomgebied van de Maas, SGD Maas*). Ils occupent, respectivement, 88,2 % et 11,8 % du territoire flamand.

En Région Flamande, six systèmes d'eaux souterraines majeurs ont été distingués (*grondwatersysteem, gws*)(VMM, 2006). Dans la partie occidentale de la Flandre, du moins profond au plus profond, se succèdent le *Kust- et Poldersysteem*, le *Centraal Vlaams Systeem* et le *Sokkelsysteem*. Dans la partie orientale, on observe le *Maassysteem*, le *Centraal Kempisch Systeem* et le *Brulandkrijtsysteem (Blks)*(figure IV.1).

Quatorze unités hydrogéologiques principales ont été définies (codification HCOV) (Meyus et al., 2000; Meyus et al., 2005; VMM, 2006). En annexe 5, est repris le tableau complet comprenant toutes les unités classées par ordre stratigraphique (13 unités + 1 unité indéterminée).

En vertu de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/EC), comme cela a été également réalisé en Région Wallonne⁹, différentes masses d'eau souterraine (*grondwaterlichamen, gwI*) ont été déterminées sur base des unités HCOV et des systèmes 'Eaux Souterraines' (*gws*) et, du contexte hydrogéologique (écoulement souterrain, type de nappe...). Au total, en Région Flamande, il y a 42 masses d'eau souterraine (SGD Maas: 10 & SGD Schelde: 32).

Application à la carte Tongeren-Herderen

Le *Brulandkrijtsysteem* occupe les deux tiers de la moitié orientale de la Flandre (figure IV.1). Ce système appartient majoritairement au SGD Schelde, une petite partie à l'est fait partie du SGD Maas. Il repose sur le socle (HCOV 1300) et est couvert sur ses deux tiers nord par le *Centraal Kempisch Systeem* et le *Maassysteem* (VMM, 2008). La partie flamande de la carte Tongeren-Herderen est entièrement située dans le *Brulandkrijtsysteem* et quatre unités HCOV y sont présentes et codées :

⁹ Sur la carte Tongeren-Herderen, dans sa partie wallonne, trois masses d'eau souterraine (MESO) ont été définies:

RWM016/011: Schistes houillers/Calcaires paléozoïques du bassin de la Meuse bord Nord;

RWM072: Alluvions et graviers de la Meuse (Namur-Lanaye);

RWM040: Crétacé du bassin du Geer (Craies du Mésozoïque).

Pour plus d'informations sur l'application de la Directive-Cadre en Région Wallonne:
http://environnement.wallonie.be/directive_eau

- HCOV 0160: Pleistoceen afzettingen – Quartaire Aquifersysteem (dépôts du Pléistocène)
- HCOV 0400: *Oligoceen Aquifersysteem* (Système aquifère de l'Oligocène)
- HCOV 1000: *Paleoceen Aquifersysteem* (Système aquifère du Paléocène)
- HCOV 1100: *Krijt Aquifersysteem* (Système aquifère du Crétacé)

Sur les 15 masses d'eau souterraines (GWL) que regroupe le *Brulandkrijtsysteem*, 11 occupent partiellement la carte étudiée. La détermination des masses d'eau souterraine tient compte de l'appartenance au district hydrographique, à l'unité hydrogéologique et du caractère de la nappe. La figure IV.2 et le tableau IV.2 présentent succinctement les masses d'eau souterraine situées sur la partie flamande de la carte Tongeren-Herderen (VMM, 2006 & 2008). Pour de plus amples informations, le lecteur peut se référer aux rapports rédigés et édités par l'Administration Flamande compétente dans le domaine de l'eau, Vlaamse Milieumaatschappij VMM, Service 'Gestion des Eaux Souterraines' (Grondwaterbeheer): <http://www.vmm.be/water>

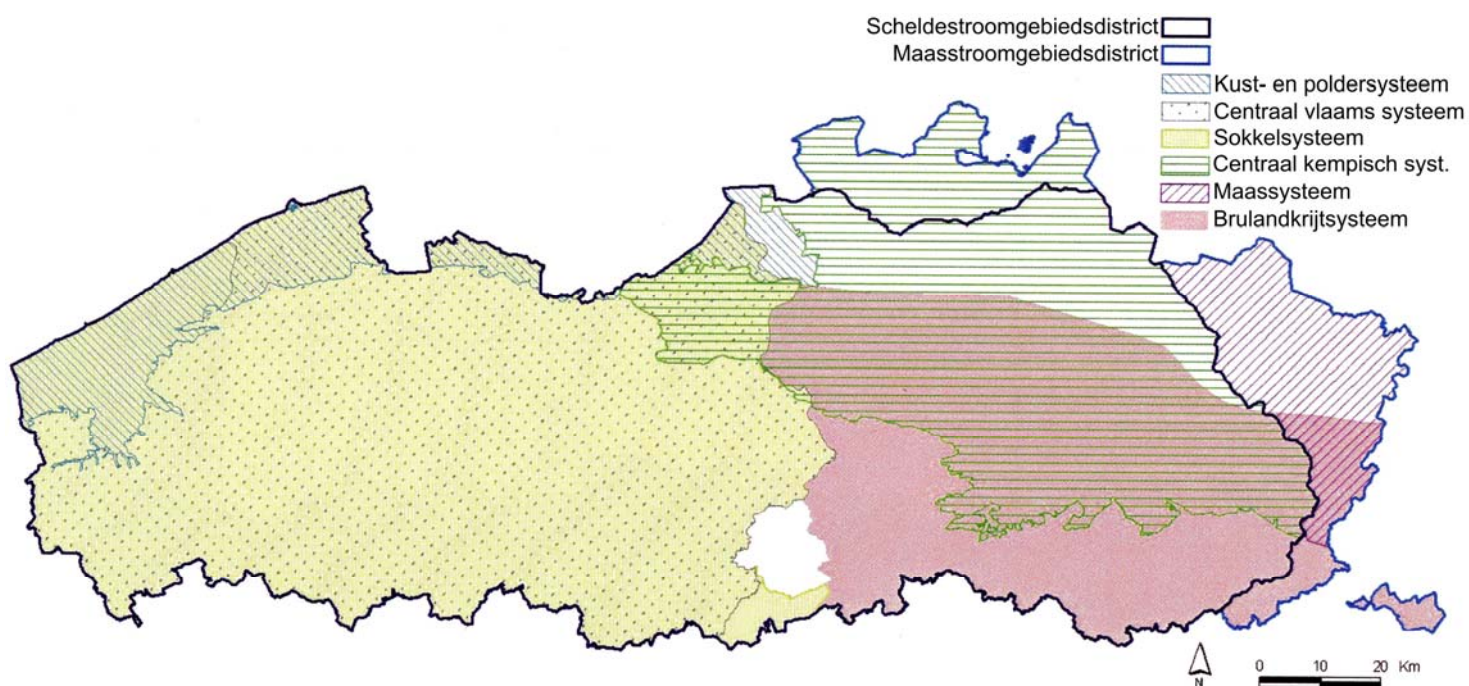


Figure IV.1: Six systèmes d'eaux souterraines en Flandre (grondwatersystemen)(VMM, 2008)

| MESO - GWL | Dénomination | Lithologie | K (m/s) | Type de nappe |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------|
| Blks_0160_gwl_1m | Quartaire Maasafzettingen | Sable et gravier avec intercalations argileuses | 10^{-6} à 10^{-2} | Libre |
| Blks_0160_gwl_1s | Pleistoceen Rivierafzettingen | Sable et gravier avec glaise et argile | 10^{-6} à $3.5 \cdot 10^{-4}$ | Localement captive |
| Blks_0400_gwl_1m | Oligoceen Aquifersysteem | Sable, parfois argileux | $5.8 \cdot 10^{-7}$ à $5.8 \cdot 10^{-5}$ | Libre |
| Blks_0400_gwl_1s | | | | Localement captive |
| Blks_0400_gwl_2s | | | $4.6 \cdot 10^{-5}$ à $5.8 \cdot 10^{-5}$ | Captive |
| Blks_1000_gwl_1s | Landeniaan Aquifersysteem | Sable fin, tuf argileux, marne | $2.3 \cdot 10^{-5}$ à $1.3 \cdot 10^{-3}$ | Localement captive |
| Blks_1000_gwl_2s | | | 10^{-5} à $3.5 \cdot 10^{-4}$ | Captive |
| Blks_1100_gwl_1m | Krijt Aquifersysteem | Craie, marne, sable fin | $2.3 \cdot 10^{-5}$ à 10^{-3} | Libre |
| Blks_1100_gwl_1s | | Craie | 10^{-5} à 10^{-3} | Libre |
| Blks_1100_gwl_2m | | Craie, marne, sable fin | 10^{-6} à 10^{-3} | Captive |
| Blks_1100_gwl_2s | | craie | 10^{-6} à 10^{-3} | Captive |

Blks: Brulandkrijtsysteem – s: SGD Schelde; m: SGD Maas – 1: Freatisch/Lokaal Gespannen; 2: Gespannen

Sources: VMM, 2006 & 2008

Tableau IV.2: Masses d'eau souterraine en Flandre – Grondwaterlichamen

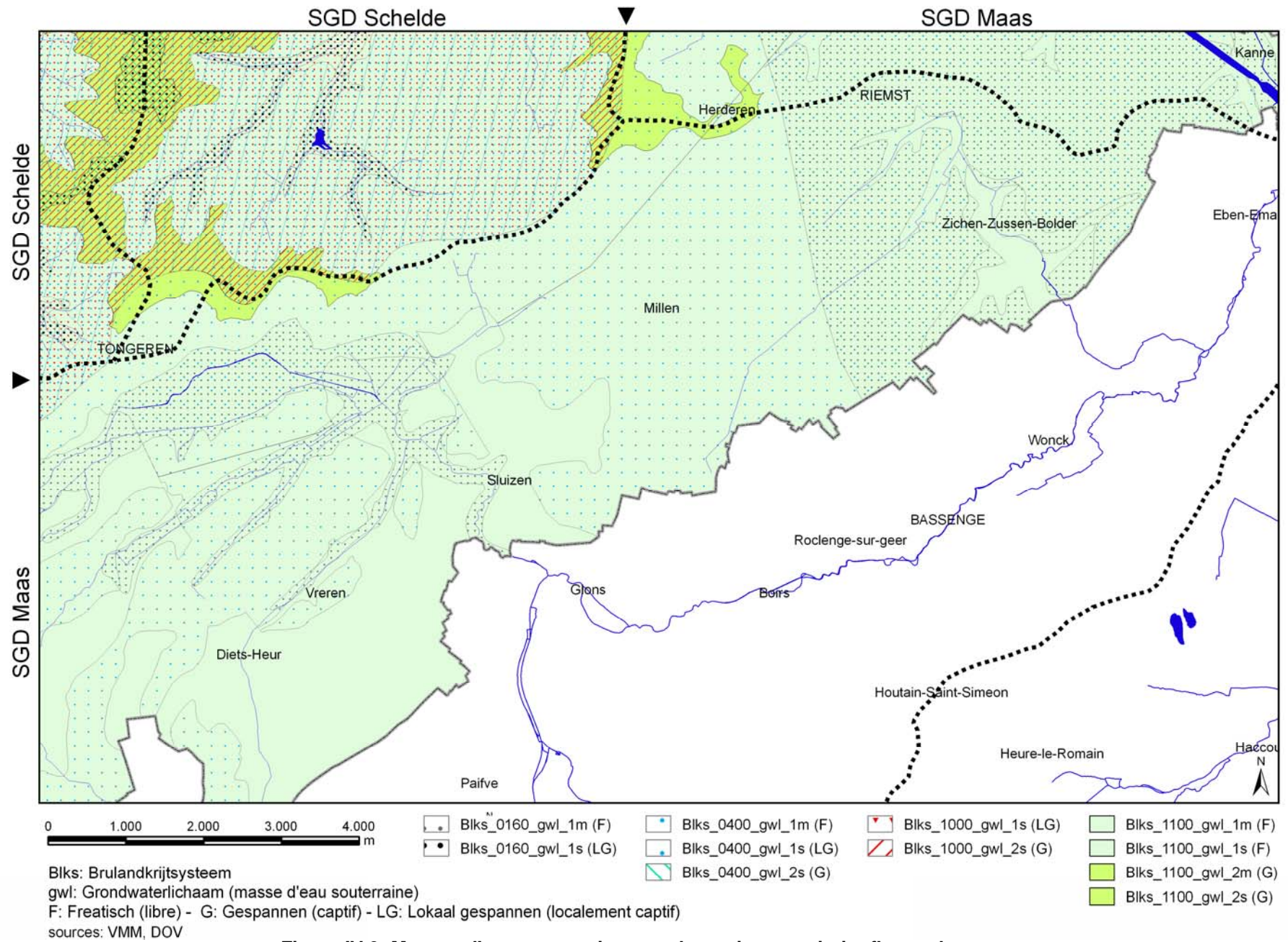


Figure IV.2: Masses d'eau souterraine pour la partie en territoire flamand

IV.2 DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE REGIONALE

IV.2.1 Aquifère des craies de Hesbaye

L'aquifère des craies de Hesbaye est le plus important de la carte hydrogéologique Tongeren-Herderen, tant géographiquement qu'économiquement. Il s'agit de la principale ressource en eaux souterraines de la carte étudiée. De nombreuses études hydrogéologiques ont été menées sur cet aquifère crayeux d'importance régionale (p.ex. : Hallet & Monjoie, 1996; Dewez & Dautrebande, 1996; Rouxhet & Guiot, 1996; Hallet, 1998; Interreg, 2000; Orban, 2009).

Allure piézométrique de la nappe

En raison de l'allure géométrique du réservoir (bancs réguliers d'orientation Est-Ouest, à légère pente vers le Nord) et de la disposition des limites du bassin (Meuse, Méhaigne, Geer), la nappe du Crétacé de Hesbaye s'écoule globalement du sud vers le nord en direction du Geer, exutoire principal de la nappe.

La nappe des craies de Hesbaye a fait l'objet de plusieurs campagnes piézométriques régionales (1951, 1966, 1984, 2008). Les cartes piézométriques de 1951 et de 2008 sont présentées sur la figure IV.3.

Les cartes piézométriques ont permis de mettre en évidence un fort effet drainant de la faille d'Horion-Hozémont, provoquant un rabattement local de la nappe dans cette zone. D'autres anomalies piézométriques sont observées au droit des vallées sèches (zones d'écoulement préférentiel). La surface piézométrique présente un gradient piézométrique élevé au voisinage des galeries de captage exploitées par la CILE de l'ordre de 1 %; à l'aval le gradient est d'environ 0,5 %. La surface piézométrique est relativement peu influencée par le tracé du Geer et de la Yerne, sauf en aval pour le Geer et plutôt en amont pour la Yerne.

A l'échelle de la Hesbaye, les limites du bassin hydrogéologique au sud, à l'ouest et à l'est sont proches des limites du bassin hydrologique du Geer. Par contre, la frontière nord du bassin hydrologique du bassin du Geer ne correspond pas du tout à une frontière hydrogéologique. Ceci confirme les flux importants d'eau souterraine quittant le bassin hydrographique du Geer au travers de cette frontière.

L'apport majeur de la campagne 2008 est de permettre une meilleure compréhension de la piézométrie de la partie nord-est du bassin du Geer (carte Tongeren-Herderen). En effet, des mesures du niveau piézométrique ont pu être effectuées dans cette zone ou extraites de la base de données de l'administration de la Région flamande (DOV). La carte piézométrique met en évidence la présence d'un dôme piézométrique à l'est de Tongres. Au sud de ce dôme, localement, les eaux souterraines s'écoulent donc du nord vers le sud pour alimenter le Geer.

L'importance du drainage de la nappe par le Geer dans cette zone est également mise en évidence. Les isopièzes 65 et 70 m, esquissées à proximité de l'exutoire du bassin versant sembleraient indiquer que le Geer ne resterait pas drainant jusqu'à son extrémité aval.

Sur la carte Tongeren-Herderen, à proximité du Geer, la nappe est sub-affleurante sous une couche limoneuse très réduite (voir coupe hydrogéologique). A l'ouest d'Eben, se trouve la carrière de Romont (CBR) dont l'activité extractive modifie sensiblement l'allure de la piézométrie. L'extraction de la craie se fait au niveau 65 m, soit légèrement au-dessus du niveau de la nappe (rabbattue par excavation et par drainage à l'aide d'une couche de silex). Cet abaissement du niveau d'eau n'entraîne pas de modifications régionales de la direction de l'écoulement souterrain. On observe un rabattement local, estimé entre 3.5 et 6 m (Tractebel, 2001). A l'est d'Eben-Emael, en rive droite du Geer (lieu-dit Tier de la tombe), se trouve la carrière Marnebel (exploitation de tuffeaux). Trois piézomètres ont été forés sur le site. Les hauteurs piézométriques, régulièrement mesurées depuis 2003, sont systématiquement inférieures à l'altitude du fond de la carrière, située entre 73 et 81 m (quelque soit la période considérée). Sur la période 2003-2008, les variations du niveau d'eau observées sont faibles (entre 1,04 et 1,88 m). Les cotes piézométriques varient entre 61,5 et 64,5 m. Le niveau le plus haut est systématiquement observé dans l'ouvrage le plus à l'ouest, le niveau le plus bas dans l'ouvrage oriental. Ainsi, au droit du site, les écoulements souterrains dans la nappe du Crétacé se dirigent vers l'est et donc vers la Meuse. La carrière serait donc juste en dehors du bassin hydrogéologique du Geer. La crête de partage des eaux souterraines se situe probablement à l'ouest immédiat du site. Cependant, il manque de données pour confirmer cette situation.

Sur la carte Tongeren-Herderen, la nappe logée dans les formations crayeuses du Crétacé est majoritairement libre (voir la carte des informations complémentaires et des caractères des nappes). Localement et temporairement, la nappe des craies peut être semi-captive sous les limons et/ou les dépôts alluviaux argileux à proximité du Geer. La limite méridionale de cette zone semi-captive se déplace dans le temps (fonction du régime hydrogéologique). En période de hautes eaux, cette limite a tendance à se déplacer vers le sud (de quelques dizaines à quelques centaines de mètres). Au nord du Geer, la nappe des craies peut également être rendue captive sous les dépôts cénozoïques, localement et temporairement en fonction des niveaux piézométriques et de la nature des couches sus-jacentes (voir la coupe hydrogéologique). Dans le nord-ouest de la zone étudiée, sous les dépôts du Rupélien (Argiles de Boom), la nappe des craies est captive.

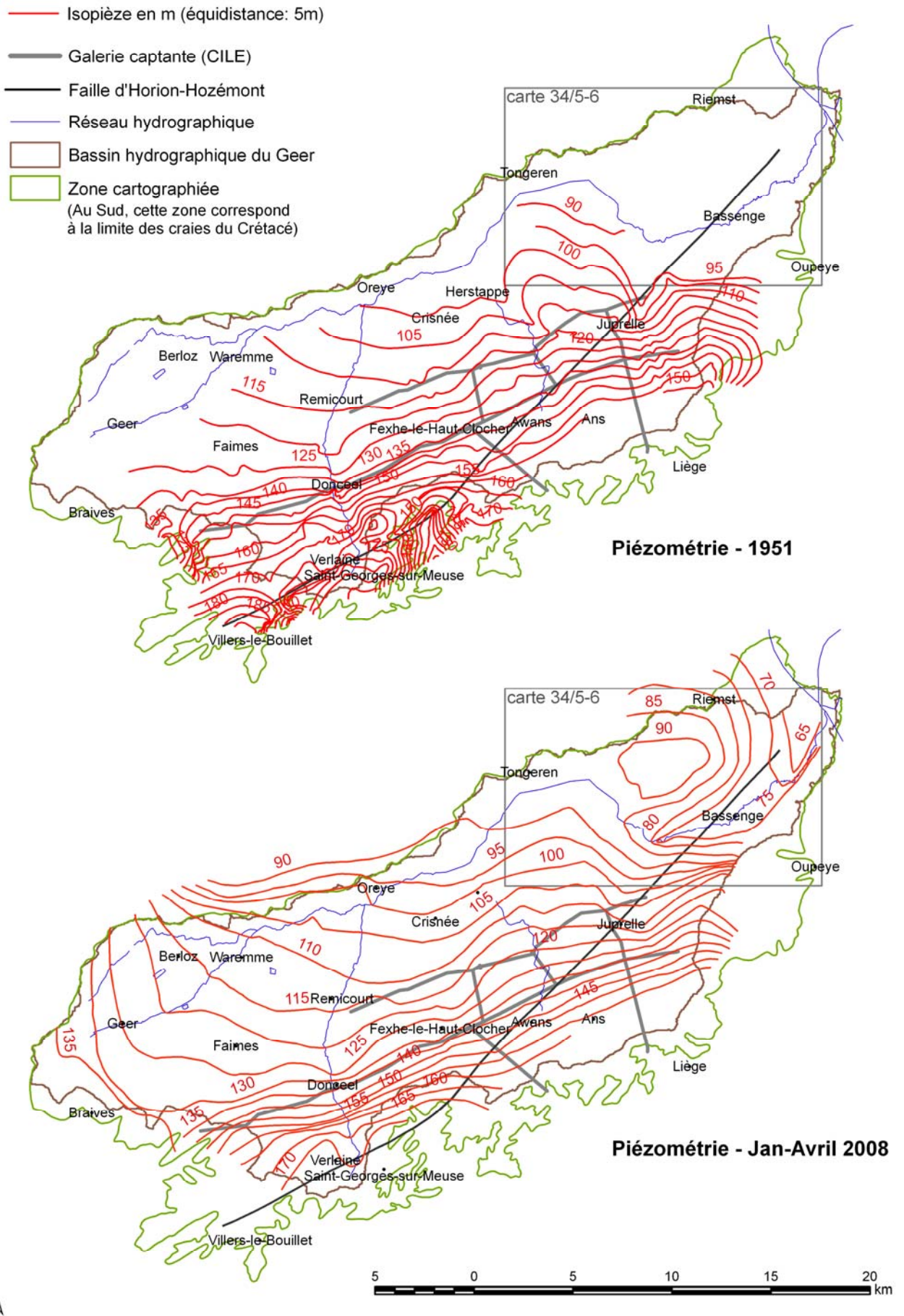


Figure IV.2: Cartes piézométriques de la nappe des craies de Hesbaye: 1951 & 2008

Sur la commune de Juprelle, à 2 km au sud de Boirs, à proximité de l'autoroute E313, se trouve le site de "Jette-Fooz", connu initialement sous le nom de "Dépotoir de Juprelle". Cet ancien lieu de versage (déchets industriels inertes et non toxiques, et déchets divers non autorisés) est suivi par la SPAQuE depuis 1993 (site Lg4205-01). Le risque de contamination potentielle du Geer par ruissellement d'éventuels percolats et surtout la proximité de plusieurs sites de captage d'eau potable en aval piézométrique du site incitent à une surveillance environnementale accrue. Le site est géré, depuis 2004, au travers d'un suivi soutenu. Des campagnes de prélèvements régulières sont organisées tant pour les eaux de surface que pour les eaux souterraines, ainsi que des mesures de gaz. Le dossier complet est disponible dans la base de données WALSOLS (www.spaque.be).

A l'est du plateau hesbignon, à proximité de la plaine alluviale de la Meuse, on recense une dizaine de carrières dont quelques-unes, encore en activité, exploitent les craies et la smectite. Le centre d'enfouissement technique (CET) d'Hallembaye, ancienne carrière de craies, fait partie du réseau de contrôle des CET de la Région wallonne. A ce titre, plusieurs études ont été effectuées et un suivi environnemental est assuré par l'ISSeP (ISSeP, 2007). La carte piézométrique de 2008 n'a pu être dressée dans cette zone, faute d'ouvrages accessibles. Les études menées par l'ISSeP (Collart & Dengis, 1999, 2002; Collart et al, 2007) indiquent qu'au sud-ouest du CET, la surface piézométrique de la nappe du Crétacé forme un dôme local, au niveau des villages de Houtain-st-Siméon et Heure-le-Romain. Le drainage de la nappe s'effectue alors en éventail (1) vers le nord et le nord-ouest et la vallée du Geer, (2) vers le CET et la carrière de Loën au nord-est (suivant l'écoulement général de la nappe), (3) vers l'est et les sources et fontaines alimentant les ruisseaux d'Hallembaye et du Vivier et le Grand Aa. Ce dôme piézométrique se culminerait aux alentours de la cote 100 m. Dans cette zone, les points bas de la nappe, artificiellement rabattue par pompage, seraient compris entre 67 m dans le CET et 59 m dans la carrière de Loën, en bordure de la vallée de la Meuse.

Cependant, il est à noter que la craie ayant été excavée sur l'ensemble de la zone concernée par l'enfouissement des déchets, il n'y a pas d'interaction possible entre le CET et la nappe des craies. Cette dernière est rabattue par un système de drainage en périphérie. Par contre, l'aquifère du socle houiller, lui, fait l'objet d'une surveillance (voir [chapitre IV.2.2.](#)).

Fluctuations saisonnières de la nappe

L'examen des données piézométriques disponibles depuis 1951, grâce aux relevés réalisés par la CILE, montre que, sauf au droit des galeries captantes et à proximité du Geer, la forme de la nappe varie peu en fonction de la pluviométrie. Toute la surface piézométrique a tendance à se déplacer verticalement avec un gradient vers le nord assez constant dans le temps. Un délai variant de quelques semaines (région sud de la nappe) à un an et demi (région nord de la

nappe) entre les précipitations et l'alimentation effective de l'aquifère est observé induit par la forte épaisseur et la faible perméabilité des limons.

Tant en Wallonie qu'en Flandre, le niveau d'eau de plusieurs puits est suivi régulièrement. En général, ces forages font partie d'un réseau de surveillance (SEQ-ESO en Région wallonne et Grondwatermeetnet en Région flamande). Les figures IV.4-5 présentent l'évolution piézométrique de quelques ouvrages sélectionnés. Les fluctuations piézométriques suivent un cycle pluriannuel, plus ou moins marqué selon le puits, et sont synchrones. Les amplitudes maximales observées entre les hautes eaux et les basses eaux varient entre 1 et 4 m, avec un maximum de 8 m (HSB24). L'amplitude des fluctuations de la nappe s'atténue vers le nord. Le Geer impose une piézométrie plus ou moins constante, égale au niveau de la rivière. Dans la partie sud de la nappe (hors carte), on constate des fluctuations pluriannuelles variant entre 12 et 17 m.

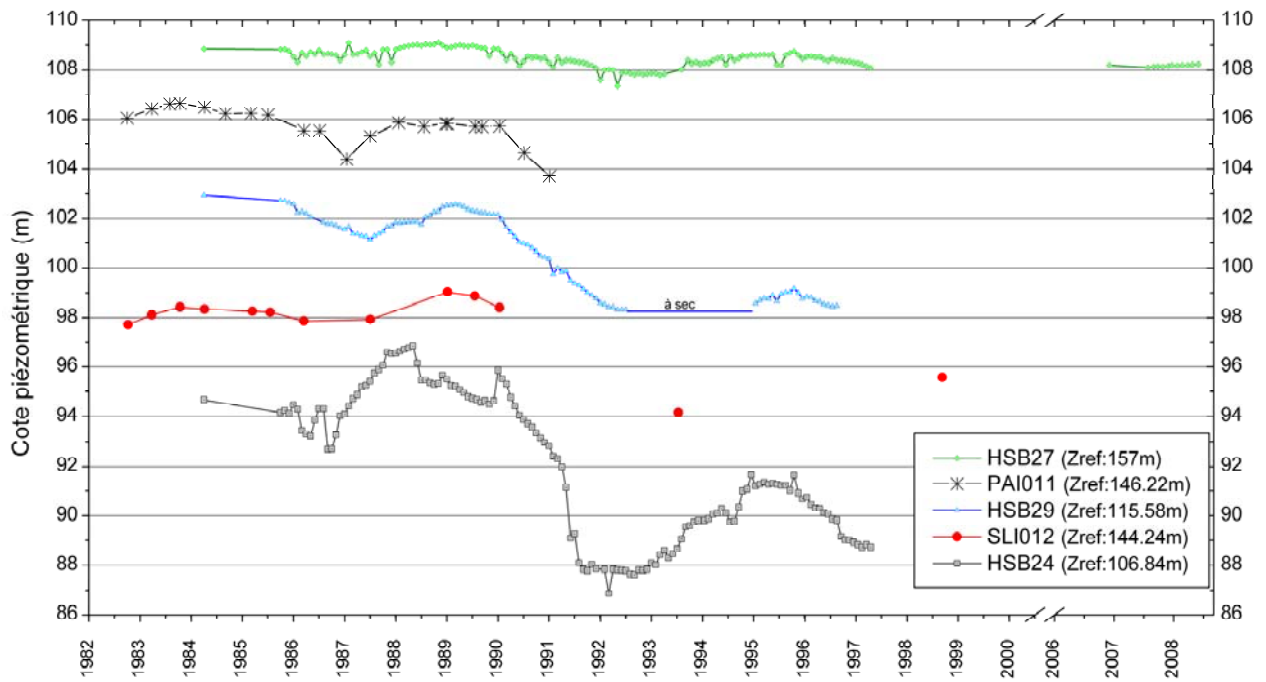


Figure IV.4: Fluctuations piézométriques de la nappe de Hesbaye au droit de puits situés en Wallonie sur la carte 34/5-6

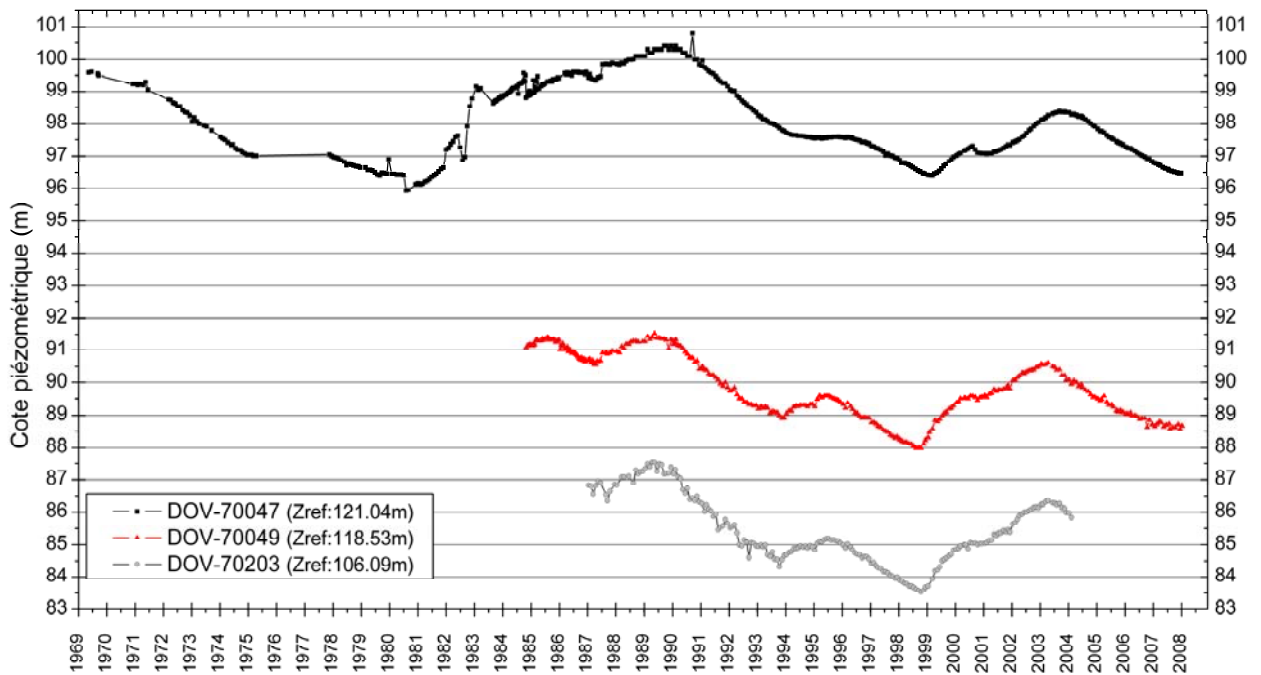


Figure IV.5: Fluctuations piézométriques de la nappe de Hesbaye au droit de puits situés en Flandre sur la carte 34/5-6 (source: DOV)

Bilan hydrogéologique

Le bilan hydrogéologique pour la nappe des craies de Hesbaye à l'échelle régionale peut s'écrire comme suit :

$$P = ETR + Q_{\text{Geer}} + Q_{\text{captages}} + \Delta \text{ réserves} + \text{Pertes}$$

avec P : précipitation moyenne annuelle (mm);

ETR : évapotranspiration réelle moyenne annuelle (mm);

Q_{Geer} : débit moyen annuel du Geer à l'exutoire (mm);

Q_{captages} : débits moyens annuels captés en Hesbaye (mm);

$\Delta \text{ réserves}$: accumulation ou perte d'eau souterraine liée aux fluctuations du niveau de la nappe (mm);

Pertes : écoulement souterrain en dehors du bassin (mm).

Les précipitations moyennes et les températures moyennes de l'air sont mesurées par l'IRM pour le bassin du Geer (Bultot et *al.*, 1983). Les débits journaliers du Geer sont mesurés à la station de Kanne située à l'exutoire du bassin (Dienst Hydrologisch Onderzoek) et les débits captés sont fournis par les sociétés de distribution d'eau (CILE et SWDE). La méthode de Thornthwaite a été appliquée pour calculer l'évapotranspiration réelle; un pas de temps mensuel a été utilisé.

Un bilan hydrogéologique calculé de janvier 1975 à décembre 1994 (période pour laquelle des données journalières sur le débit du Geer à Kanne sont disponibles) donne les valeurs moyennes annuelles suivantes (Hallet, 1998) :

$$P = ETR + Q_{\text{Geer}} + Q_{\text{Captages}} + \Delta \text{ réserves} + \text{Pertes}$$
$$810 \text{ mm} = 508 \text{ mm} + 145 \text{ mm} + 67 \text{ mm} + 7,5 \text{ mm} + 82,5 \text{ mm}$$

ou

$$100 \% = 63 \% + 18 \% + 8 \% + 1 \% + 10 \%$$

Les précipitations moyennes en Hesbaye sont de l'ordre de 810 mm. Les quantités d'eau évapotranspirées s'élèvent à 63 % des précipitations; il reste 37 % d'eau utile, généralement disponible de novembre à mars. Le volume d'eau s'écoulant par le Geer, exutoire de la nappe, représente 18 % des précipitations. Le débit des captages est de l'ordre de 8 %. Entre 1975 et 1995, le niveau de la nappe remonte en moyenne de 3 mètres soit, pour une porosité moyenne de 5 %, une accumulation annuelle de 7,5 mm pour la période étudiée. Les pertes, principalement vers le nord, sont estimées à 10 %.

Durant certaines années sèches (1975 - 1976, 1985, 1989 - 1991), les débits captés et le débit du Geer excèdent l'infiltration efficace (figure IV.6), accentuant ainsi le rabattement de la nappe observé 1 à 2 ans après.

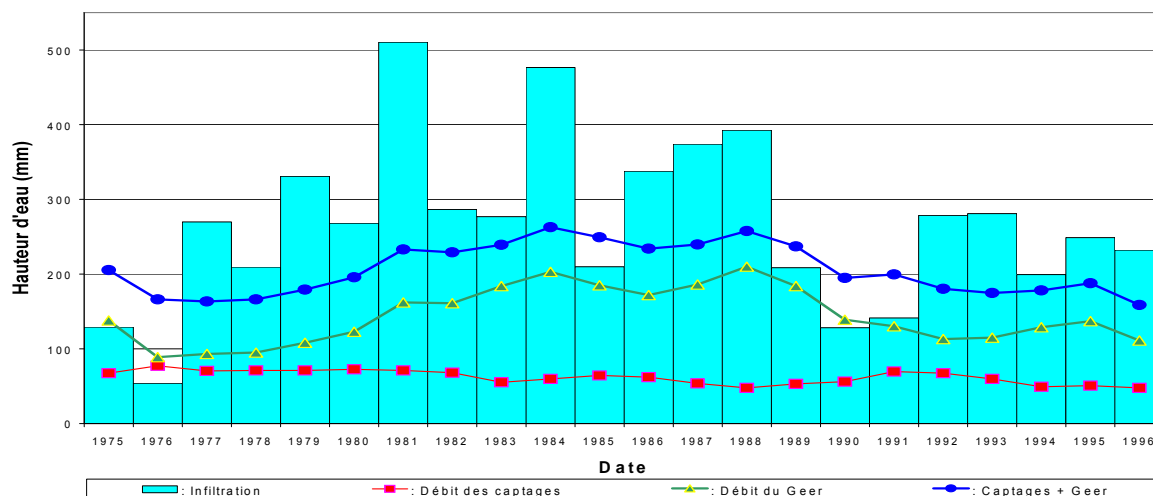


Figure IV.6 : Relation «Débit du Geer – Infiltration - Débits des captages» (Hallet, 1998)

IV.2.2 Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

Les terrains schisto-gréseux du Houiller ne représentent pas, à l'échelle de la carte étudiée, un aquifère de première importance. En outre, il affleure uniquement dans le coin sud-est de la carte suite à l'érosion des couvertures mésozoïque et cénozoïque sur le versant de la vallée de la Meuse. Peu d'ouvrages sont recensés dans cette unité hydrogéologique. On compte les piézomètres de contrôle du CET d'Hallembaye et quelques puits alimentant des entreprises industrielles et des particuliers. Ces derniers atteignent généralement les roches du Houiller après avoir traversé soit la smectite de Herve, soit les dépôts alluvionnaires de la Meuse.

Le site du CET d'Hallembaye¹⁰ est une ancienne carrière de craie dont l'exploitation a été menée aussi bas que possible, en suivant le contact entre la base des craies et la smectite de Herve (par endroits cette dernière a été partiellement excavée). L'excavation qui comble ce CET repose donc logiquement sur la smectite. Sous cette argile marneuse (peu perméable) dont l'épaisseur est comprise, ici, entre 7 et 20 m, on atteint le bed-rock houiller. Le site compte deux fosses, Hallembaye 1 et Hallembaye 2 (figure IV.7). Seule cette dernière est pourvue d'une

¹⁰ Le CET d'Hallembaye est étudié et suivi par l'ISSeP depuis 1998. Les données reprises dans cette notice proviennent essentiellement des rapports, études et fiches techniques élaborées par l'ISSeP.

étanchéité artificielle complémentaire (géomembrane). Les deux fosses sont équipées d'un réseau de drains pour récupérer les percolats. Un autocontrôle des eaux souterraines est imposé à l'exploitant: 6 piézomètres et les eaux d'exhaure ont été retenus comme instruments de contrôle (FD7, FD9, P6, P7, P8, P SNCB).

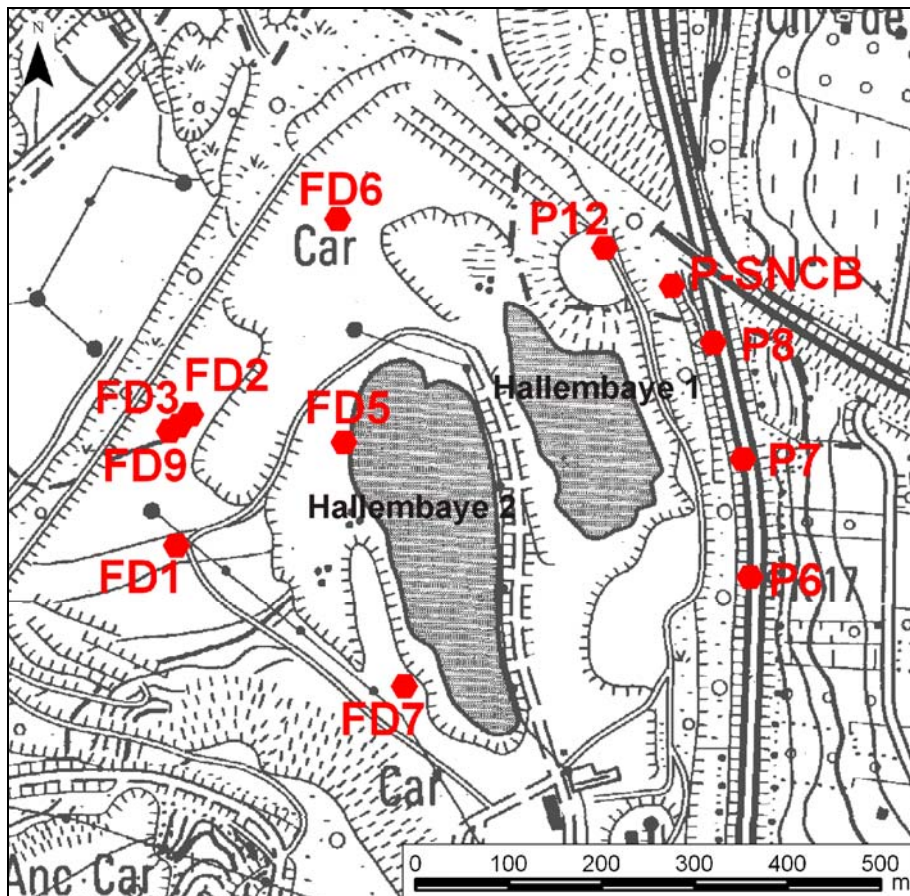


Figure IV.7.: Localisation des piézomètres sur le site du CET d'Hallembaye

N.B.: ancien fond IGN

La nappe logée dans les terrains du Houiller sous le CET s'écoule globalement vers l'ENE; soit en direction de la vallée mosane. Des anomalies sont localement constatées. Elles sont, entre autres, dues à la présence de bancs plus gréseux favorisant le drainage. Les mesures piézométriques réalisées sur quelques ouvrages indiquent que les fluctuations annuelles sont égales ou inférieures au mètre (figure IV.8). Un essai de multi-traçage a été réalisé à partir des forages FD1, FD4 et FD9, le pompage de récupération étant placé en FD3. *Un des résultats de ces traçages a été de distinguer dans l'aquifère du socle carbonifère (Houiller) deux types de formations aux caractéristiques hydrogéologiques différentes, à savoir les bancs de grès dans lesquels les vitesses d'écoulement sont importantes, et les niveaux d'argilite (« schiste » houiller) dans lesquels les vitesses d'écoulement sont faibles. Les porosités efficaces résultant de la modélisation sont comprises entre 2,3 et 2,5 % dans les grès et égales à 0,8 % dans les argilites.*

Les dispersivités longitudinales observées, plus importantes dans les argilites que dans les grès (4 à 5 m dans les grès et 9 à 9,5 m dans les argilites), sont caractéristiques d'un aquifère de fissures (Issep, 2007). Les résultats de ces tests appuient, également, la définition de cette unité hydrogéologique en tant qu'aquiclude à niveaux aquifères.

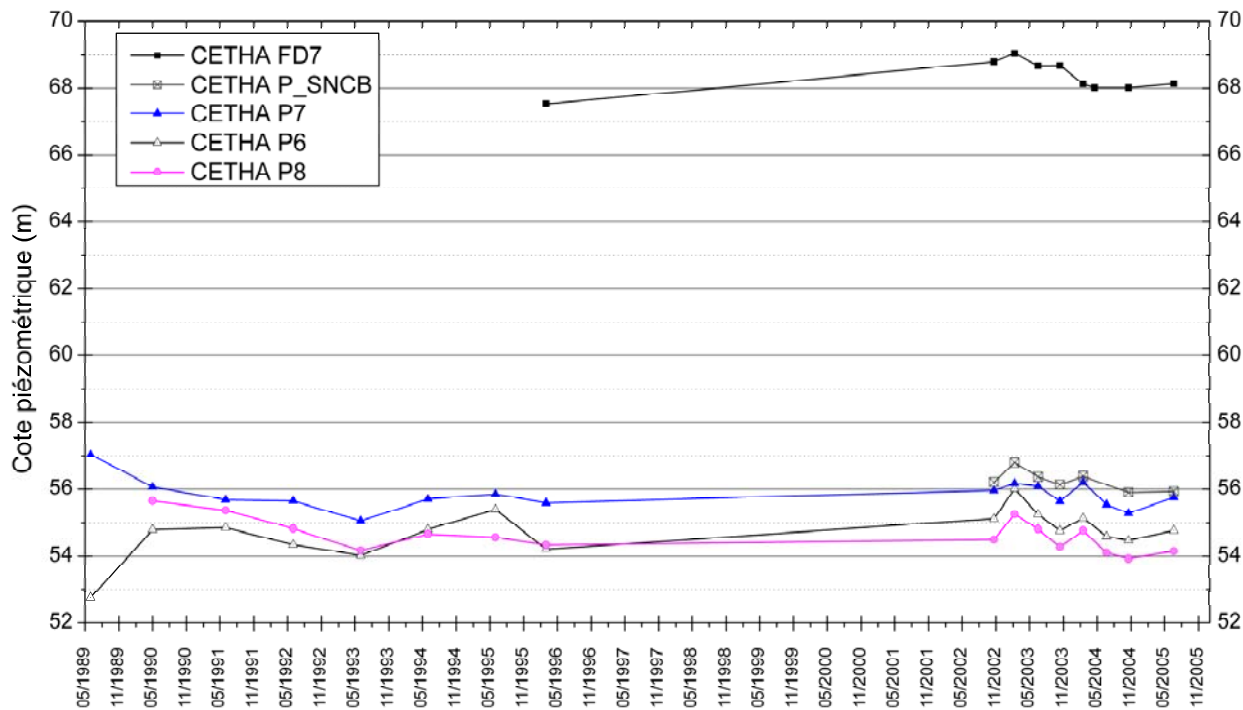


Figure IV.8: Fluctuations piézométriques autour du CET d'Hallembaye dans le Houiller

IV.2.3 Aquifère alluvial de la Meuse

La Meuse et le Canal Albert s'écoulent à l'est de la carte Tongeren-Herderen. Le Canal Albert longe plus ou moins parallèlement la bordure orientale de la carte. Sur cette carte, la plaine alluviale (nappe de graviers) occupe une petite surface. Elle repose directement sur le bed-rock houiller semi-perméable. Les formations du Crétacé, affleurant sur le versant occidental de la vallée, ne se retrouvent sous la plaine alluviale qu'en aval de Lanaye (situé sur la carte voisine 34/7-8). La nappe alluviale est globalement libre mais peut-être rendue localement captive sous les limons fluviaux.

Les ouvrages de génie civil (canal Albert, barrages, mur de quai, drains,...) réalisés dans la plaine alluviale de la Meuse en aval de Liège influencent par endroits, fortement, les relations nappe alluviale – fleuve, modifiant les gradients piézométriques et les débits de transfert. Une étude hydrogéologique poussée de la nappe alluviale de la Meuse en aval de Liège, incluant les interactions avec le Canal Albert, a été menée par LGIH (rapports LGIH, 1987a/b et 1990; Dassargues & Lox, 1991). Sur l'ensemble de la zone modélisée, s'étendant de Monsin à Lanaye, on a constaté que la nappe alluviale est alimentée d'environ 3 m³/s par ses versants dont 1,5 m³/s ceux en contact avec les craies à l'ouest et les calcaires à l'est, et autant par l'ensemble de ses autres versants. L'alimentation majeure de l'aquifère alluvial mosan proviendrait à raison de 2,7 m³/s des fuites du Canal Albert. L'alimentation de la Meuse par l'eau de la nappe alluviale dans les zones non canalisées est calculée à 5,3 m³/s (pour les conditions piézométriques de juillet 1989). Sur base du modèle, la quantité d'eau fournie aux Pays-Bas par la Meuse et la plaine alluviale est de l'ordre de 5,4 m³/s pour les mois d'été, valeur à ajouter au débit de la Meuse mesuré en amont de la zone modélisée.

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 distribution. Nous ne disposons pas de données suffisantes pour préciser le cadre hydrochimique de toutes les unités hydrogéologiques de la carte étudiée.

Pour la zone flamande de la carte, nous invitons le lecteur à consulter la base de données de la Région Flamande, [DOV](#) où des analyses hydrochimiques récentes sont reprises.

Pour la 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 (AGW¹¹ 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.

Plusieurs excavations ont jadis été réalisées (craies et marne du Crétacé, sables oligocènes). Ces anciens sites d'extraction abandonnés et parfois remblayés avec des déchets et matériaux divers sont des points d'infiltration privilégiés vers les eaux souterraines, tout comme le sont les dolines, chantoirs et autres phénomènes karstiques. Ces sources potentielles de pollution sont donc des lieux à surveiller. Notons que quelques carrières sont encore en activité dans la région.

Un inventaire de ces données est disponible auprès des autorités régionales (DGARNE et DGATLPE). 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/>. Depuis 1998, la DGARNE a mis en place un réseau de contrôle des CET Ce réseau est géré par l'ISSeP. De nombreuses informations sont disponibles via le portail Web du Service Publique Wallon: <http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/>.

¹¹ AGW: Arrêté du Gouvernement Wallon

V.1 CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

V.1.1 Caractéristiques hydrochimiques des eaux de la nappe des craies de Hesbaye

Les eaux de la nappe des craies de Hesbaye sont de faciès bicarbonaté calcique de dureté élevée (35 à 45 °F) (type CaHCO_3). Ce type d'eau provient de la dissolution des sédiments et fragments calcaires contenus dans les couches marines. Cette dissolution provoque l'augmentation des teneurs en ions Ca^{2+} et HCO_3^- (bicarbonates). Les aquifères formés par des dépôts marins calcaires sont caractérisés par un pH neutre à légèrement basique. L'acidité des eaux souterraines y a été déterminée par la dissolution du CaCO_3 (Interreg II, 2000).

Le tableau V.1 reprend les analyses chimiques de l'eau prélevée dans des ouvrages situés dans les limites de la carte hydrogéologique Tongeren-Herderen.

| Elément | Unité | Niveau- Code de | Bas-Slins P1 SWDE | Eben-Emael P1 SWDE | Roclenge P1 VMW | Wonck P1 VMW | Diets-Heur P2 VMW |
|-----------------------|-------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|----------------------|
| pH | unités pH | 6,5 à 9,5 | 7,4 | 7,2 | | | 7,08 |
| Conductivité | $\mu\text{S/cm}$ à 20°C | 2100 | 695,1 | 735 | | | 692 |
| Dureté totale (TH) | ° français | 67,5 | 36,6 | 38,9 | 36,7 | 37,7 | 38,9 |
| Alcalinité tot. (TAC) | ° français | - | 31,3 | 32 | 30,3 | 31,3 | 28,3 |
| Turbidité | NTU | 4 | 0,4 | 0,15 | | | 0 |
| Calcium | mg/l | 270* | 128,7 | 133 | 119,3 | 134,2 | 129,9 |
| Magnésium | mg/l | 50* | 10,8 | 14,04 | 12,7 | 10,5 | 15,3 |
| Sodium | mg/l | 150 | 14,1 | 13,06 | 11 | 10,8 | 9,1 |
| Potassium | mg/l | 12 | 1,6 | 1,4 | 1,9 | 2,1 | 1,2 |
| Strontium | $\mu\text{g/l}$ | 750** | 277,4 | 325,8 | 331 | 333 | 281 |
| Fer total dissous | $\mu\text{g/l}$ | 200* | 14,8 | | 0 | 1 | <2 |
| Manganèse | $\mu\text{g/l}$ | 50* | 1 | 2,3 | 0 | 0 | <1 |
| Sulfates | mg/l | 250* | 26,4 | 44,6 | 25 | 29 | 42 |
| Chlorures | mg/l | 200 | 34,7 | 38,4 | 27 | 27 | 42 |
| Nitrates | mg/l | 50 | 27,1 | 27,32 | 20 | 22 | 25 |
| Nitrites | mg/l | 0,1 | <0,01 | 0,001 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Ammonium | mg/l | 0,5* | <0,016 | 0,02 | <0,01 | 0,03 | 0,03 |
| Silice | mg/l SiO_2 | - | 15 | 21,6 | | | |

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

Tableau V.1 : Caractéristiques hydrochimiques moyennes de la nappe des craies de Hesbaye

Les ouvrages Bas-Slins P1 et Eben-Emael P1 font partie du réseau de surveillance mis en place par la Région Wallonne selon les recommandations de la Directive-Cadre sur l'Eau, réseau 'SEQ-ESO' (DGRNE, 2005).

La nappe des craies dans sa partie captive est relativement bien protégée vis-à-vis des pollutions ponctuelles et diffuses. En revanche, dans sa partie libre, l'aquifère est assez vulnérable. De plus, dans la partie aval de la vallée du Geer, la nappe des craies est sub-affleurante masquée par une couverture limoneuse par endroits très réduite. Ce qui rend l'aquifère crayeux particulièrement vulnérable aux pollutions de surface.

V.1.2 Caractéristiques hydrochimiques des eaux des terrains schisto-gréseux du Houiller

La nappe du Houiller est souvent chargée en SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- et Fe^{3+} .

Très peu d'analyses hydrochimiques sont disponibles pour l'unité hydrogéologique du Houiller. Dans le cadre du suivi environnemental des centres d'enfouissement technique, le site d'Hallembaye fait l'objet de campagnes de contrôle régulières (Issep, 2007; Collart & Dengis, 1999, 2002; Collart et al, 2007). Outre les piézomètres ceinturant le site, un puits privé foré dans le Houiller a été échantillonné (Puits Poulailier). Une partie des résultats de la campagne de juin 2006 sont repris dans le tableau V.2. Une analyse complète est disponible sur le site Internet de l'Office Wallon des Déchets <http://environnement.wallonie.be/owd/orwd.htm>

Les conclusions de l'Issep concernant la campagne de juin 2006 indiquent que la situation environnementale du site dans les eaux souterraines ne serait pas préoccupante. On observe cependant des concentrations en fer et en manganèse élevées, avec temporairement un dépassement des normes. Ces concentrations sont assez stables dans le temps. Elles sont en outre normales par rapport aux valeurs moyennes pour les formations du Houiller. Les concentrations des principaux traceurs de pollution par les percolats restent stables et à des niveaux inférieurs aux normes en vigueur. Le piézomètre P8 foré en aval hydrogéologique du CET présente des teneurs pour une majorité de ces paramètres légèrement plus élevées que les autres forages.

| Elément | Unité | Niveau-guide RW | CETHA P8 | CETHA FD7 | P-Poulailler |
|-------------------|--------------|-----------------|----------|-----------|--------------------|
| pH in situ | unités pH | 6,5 à 9,5 | 6,95 | 7,41 | 6,97 |
| Conductivité | μS/cm à 20°C | 2100 | 839 | 591 | 854 |
| Dureté totale | ° français | 67,5 | | | |
| Calcium | mg/l | 270* | | | |
| Magnésium | mg/l | 50* | | | |
| Sodium | mg/l | 150 | | | |
| Potassium | mg/l | 12 | | | |
| Fer total dissous | μg/l | 200* | 177 | 337 | 18,5 (565 en 2002) |
| Manganèse | μg/l | 50* | 178 | 23 | <6,3 (155 en 2002) |
| Bicarbonates | mg/l | | | | |
| Sulfates | mg/l | 250* | 88 | 15,7 | 189 |
| Chlorures | mg/l | 200 | 52 | 6,3 | 63 |
| Fluorures | mg/l | 1,5 | 0,17 | 0,24 | 0,19 |
| Nitrates | mg/l | 50 | 2,7 | <0,1 | 0,42 |
| Nitrites | mg/l | 0,1 | | | |
| Ammonium | mg/l | 0,5* | 0,17 | 0,26 | 0,26 |

* norme de potabilité à défaut de valeur-guide

Tableau V.2 : Caractéristiques hydrochimiques de la nappe fissurée du Houiller au droit du CET d'Hallembaye

V.2 PROBLEMATIQUE DES NITRATES

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

La Hesbaye, en particulier, a été définie par le gouvernement wallon comme "zone vulnérable aux nitrates" (AGW du 28 juillet 1994). Plus récemment, c'est l'ensemble du territoire situé au nord du sillon de la Sambre et de la Meuse qui a été désigné comme "zone vulnérable aux nitrates" (AGW du 22 décembre 2006).

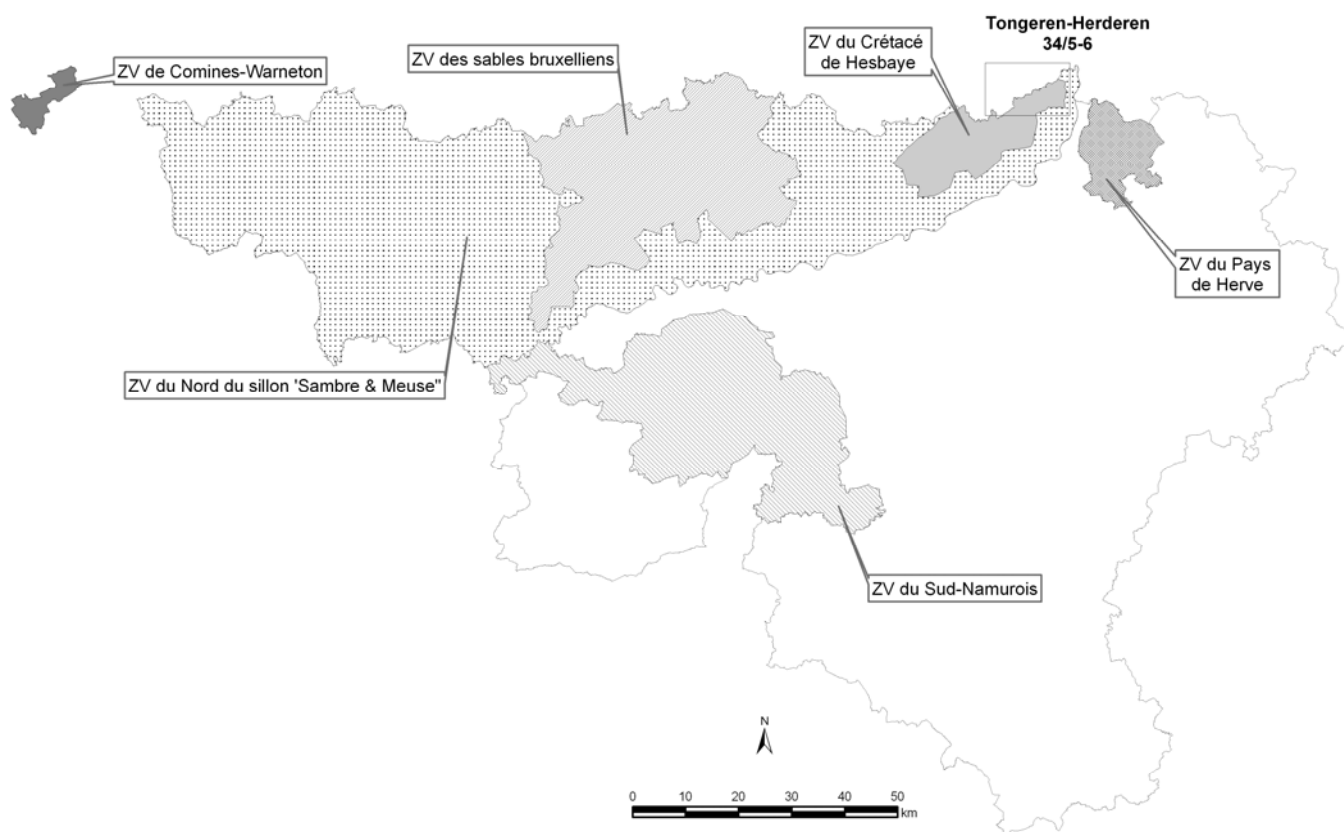


Figure V.1: Zones vulnérables en Région wallonne

Depuis le 1^{er} janvier 2007, la totalité de la Flandre est désignée comme "zone vulnérable aux nitrates" dans le cadre de la Directive européenne "Nitrates". Pour plus d'informations sur les zones vulnérables aux nitrates en Flandre, consulter le site Internet [DOV](http://www.dov.be). La carte Tongeren-Herderen est ainsi entièrement couverte par ces zones (voir carte des informations complémentaires).

Pour la carte Tongeren-Herderen, on ne dispose de chroniques de mesures des nitrates que pour l'aquifère des craies de Hesbaye. Quelques unes sont présentées ci-dessous. De nombreuses données sur les nitrates sont mises en ligne par la Direction des Eaux Souterraines via le site Internet 'Dix-sous' (<http://carto1.wallonie.be/10SousInt>) pour la Wallonie. Pour la Flandre, des données relatives aux nitrates sont consultables via la base de données DOV (<http://dov.vlaanderen.be>).

Evolution des teneurs en nitrates

En Hesbaye, une tendance générale à la hausse des concentrations en nitrates dans les eaux souterraines est constatée. Cette augmentation annuelle est comprise entre 0,3 et 0,8 mg/l (Batlle Aguilar et al, 2007; Orban, 2009).

Sur la carte Tongeren-Herderen, on constate une lente et constante augmentation des concentrations en nitrates, sans toutefois dépasser la norme de potabilité (50 mg/l). La figure V.2 montre l'évolution ces teneurs pour quelques captages du réseau de distribution publique localisés dans la vallée du Geer.

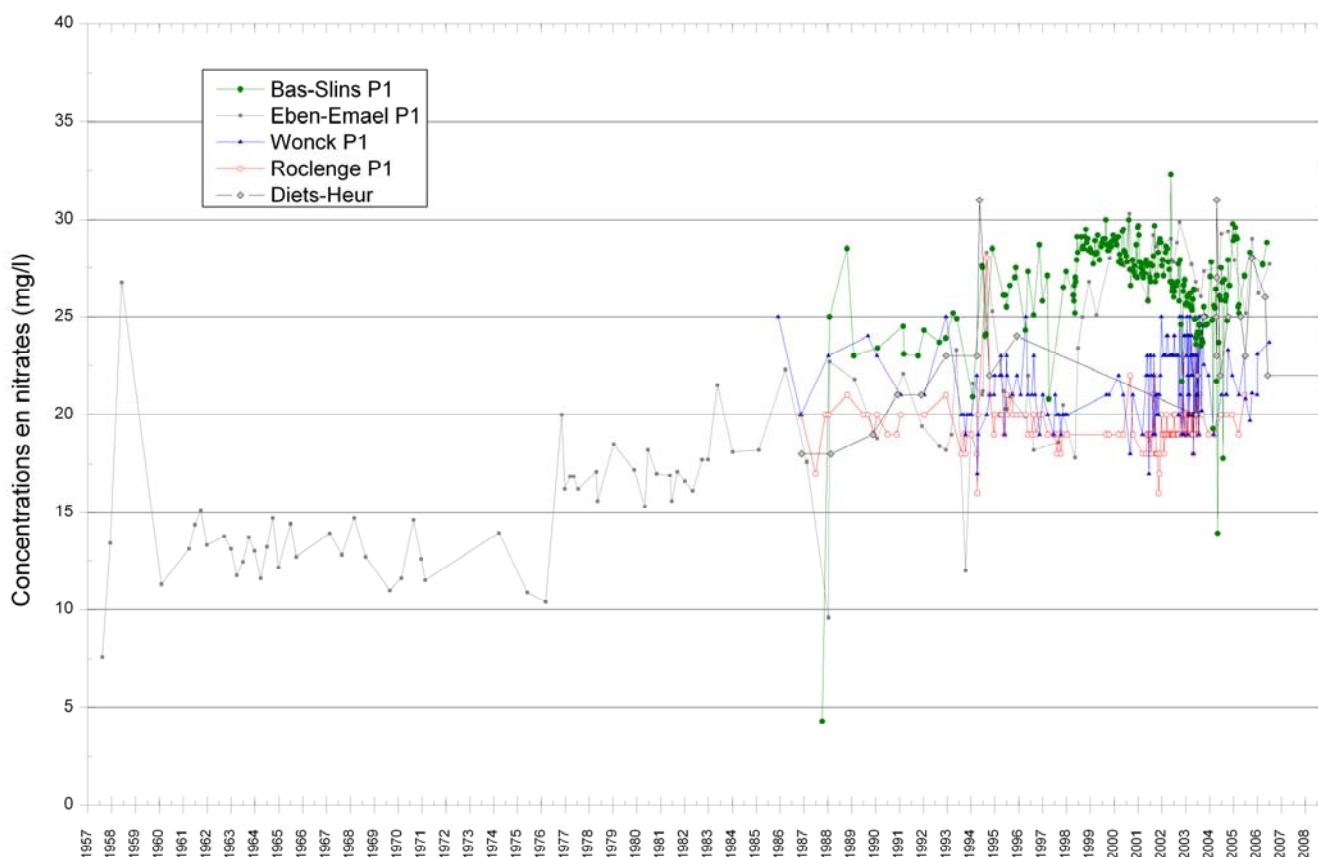


Figure V.2 : Evolution des teneurs en nitrates des eaux de la nappe des craies de Hesbaye

Diverses études ont démontré que les teneurs en nitrates sont fortement dépendantes des fluctuations piézométriques et de l'infiltration efficace (Dautrebande et al, 1999; Hallet, 1998; Brouyère et al, 2004). Les nitrates issus de l'apport de fertilisants dans les champs s'infiltrent dans la zone non saturée puis migrent lentement à travers la matrice crayeuse saturée. Dans des conditions de basses eaux, le front de contamination en nitrates est considéré comme décroché de la zone saturée de l'aquifère et les teneurs en nitrates dans cette zone ont tendance à diminuer. Quand le niveau piézométrique monte, le front de contamination est rapidement atteint et lessivé et les teneurs en nitrates augmentent conséquemment dans la zone saturée.

L'étude Programme 'Action Hesbaye' a déterminé en moyenne que les nitrates descendraient d'un mètre par an dans les limons d'où un retard à l'infiltration très important (Hallet & Monjoie, 1996; Dewez & Dautrebande, 1996; Rouxhet & Guiot, 1996). Ce retard peut être accentué si les perméabilités diminuent avec la profondeur et si des niveaux moins perméables, tel que le hard-ground, existent.

Répartition spatiale des nitrates

Les concentrations en nitrates montrent de fortes variations spatiales sur de courtes distances car fortement influencées non seulement par les apports de surface liés à l'occupation du sol, mais également par le contexte hydrogéologique de l'aquifère selon qu'il est libre, semi-captif ou captif, ainsi que par les variations locales d'épaisseurs des limons. Ainsi, en Hesbaye, trois zones peuvent être distinguées (Orban, 2009):

- la zone sud du bassin, correspondant à la partie libre de l'aquifère des craies en zone agricole, présente des teneurs en nitrates élevées (proches ou supérieures à 50 mg/l);
- la zone semi-captive, le long du Geer et dans l'est du bassin, où les concentrations en nitrates avoisinent 25 mg/l;
- la zone nord-ouest du bassin, où la nappe est captive, présente des concentrations en nitrates très faibles ou inférieures aux limites de détection.
- La carte Tongeren-Herderen se situe dans les deux dernières zones, avec des teneurs en nitrates aux alentours de 25 mg/l.

Verticalement, les concentrations en nitrates varient fortement. Sur une carte voisine (Waremmemomme-Momme 41/3-4), sur le site expérimental de Bovenistier, des échantillons prélevés entre 1994 et 1995 dans des piézomètres crépinés à différents niveaux dans la nappe ont mis clairement en

évidence une diminution des concentrations en nitrates en profondeur, avec un gradient approximatif de 0,75 mg/l par mètre (Hallet, 1998).

Cette observation est confirmée par les teneurs en nitrates mesurées dans les galeries captantes de la Compagnie Intercommunale Liégeoise des Eaux (CILE). Les plus faibles concentrations en nitrates sont observées dans les galeries captantes nord, plus profondes que les galeries sud. On constate que dans la nappe du Campanien, les teneurs en nitrates sont plus faibles que dans la nappe du Maastrichtien mettant en évidence le rôle du Hard-Ground qui, jusqu'à présent, limite la migration des nitrates en profondeur.

V.3 QUALITE BACTERIOLOGIQUE

D'après les données disponibles, les eaux souterraines de la carte Tongeren-Herderen présentent une bonne qualité microbiologique.

Les eaux de Hesbaye sont naturellement très pures et ne nécessitent aucun traitement à l'exception d'une légère chloration afin de se garantir contre le développement de germes dans les conduites d'amenée.

A titre indicatif, en août 2006, pour le captage de Bas-Slins P1, aucune colonie n'a été observée pour les paramètres microbiologiques suivants: Coliformes totaux, Escherichia Coli, Entérocoques, Clostridia-sulfito-réducteurs.

V.4 PESTICIDES

Les données disponibles à la Région Wallonne et auprès des compagnies d'eau montrent qu'actuellement, la pollution de la nappe des craies par les pesticides n'est pas inquiétante; 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. Il n'en reste pas moins que la présence systématique d'atrazine et de ses produits de dégradation dans les eaux captées est préoccupante d'autant plus que depuis quelques années s'y additionnent quasi systématiquement d'autres dérivés tels que le diuron, le chlortoluron, le chloridazon ou le bentazone. Le tableau V.3 reprend, à titre indicatif, quelques valeurs de pesticides courants pour les captages de Bas-Slins et d'Eben-Emael situés sur la commune de Bassenge.

| Pesticide | Bas-Slins P1 | Eben-Emael P1 |
|--------------------------|--------------|---------------|
| | 17/11/2005 | 02/03/2004 |
| Atrazine (ng/l) | 16 | 25 |
| Déséthyl Atrazine (ng/l) | 13 | 14 |
| Diuron (ng/l) | 11 | 31 |
| Isoproturon (ng/l) | <1 | 22 |
| Simazine (ng/l) | <3 | 13 |
| Bentazone (ng/l) | 2 | 46 |
| Chlortoluron (ng/l) | 2 | 20 |
| Chloridazon (ng/l) | <2,5 | 21 |

Tableau V.3: Captages de Bassenge: produits phytosanitaires

VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES

Les données présentées dans ce chapitre ne concernent que les prises d'eau situées en Wallonie excepté pour le captage de la VMW à Diets-Heur (distribution publique). Elles sont extraites de la base de données de la Région Wallonne. Cependant, l'encodage des volumes d'eau prélevés n'est pas complet. Ceci concerne principalement les petits exploitants et donc les petits volumes (< 3000 m³/an). Les puits des particuliers et des agriculteurs ne sont pas tous pourvus d'un compteur.

VI.1 AQUIFERE DES CRAIES DE HESBAYE

Sur la carte Tongeren-Herderen, les ouvrages de prise d'eau destinée à la distribution publique sollicitent tous la nappe logée dans les craies du Crétacé. Ils se situent dans la vallée du Geer. Le tableau VI.1 reprend le volume annuel moyen pour ces captages (listés d'ouest en est). Ce volume a été calculé pour les 10 dernières années (1997-2007). Les eaux pompées sont destinées à l'alimentation en eau potable des communes avoisinantes. Seul le captage de Chenaye, mis en réserve, n'est pas exploité.

| Captage | Volume moyen / an (1997-2007) | Exploitant |
|----------------------|-------------------------------|------------|
| Diets-Heur (Flandre) | 450 000 m ³ | VMW |
| Bas-Slins | 342 000 m ³ | SWDE |
| Roclenge | 644 000 m ³ | VMW |
| Wonck | 390 000 m ³ | VMW |
| Eben-Emael | 83 000 m ³ | SWDE |

Tableau VI.1: Volumes prélevés pour la distribution publique – Aquifère des craies de Hesbaye

Quelques industries, carrières et centres d'enfouissement technique prélèvent également dans cette nappe soit pour se fournir en eau de process, soit en tant qu'exhaure (rabattement de la nappe). Les volumes pompés varient entre 1500 et 10 000 m³/an (variables selon l'année et l'exploitant).

On dénombre également plusieurs agriculteurs et particuliers dont les volumes prélevés sont très variables, entre 20 et 5000 m³/an.

VI.2 AQUICLUDE À NIVEAUX AQUIFERES DU HOULLER

La nappe de fissures du socle houiller est très peu exploitée sur la carte étudiée. Quelques ouvrages appartenant à des industries sollicitent cette nappe via des puits traversant d'abord la

nappe alluviale. La société Herelixha à Haccourt prélève en moyenne 50 000 m³/an. Quelques particuliers sollicitent aussi cette nappe.

VI.3 AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE

Sur la carte Tongeren-Herderen, la nappe alluviale de la Meuse ne constitue pas la première ressource en eaux souterraines. Quelques sociétés possèdent des puits forés dans cette nappe (et/ou la nappe du socle houiller¹²). Les volumes prélevés sont très variables.

A titre indicatif, on note

P-Carbital (Imerys): entre 200 000 et 340 000 m³/an;

P-Usine de Lixhe (CBR): entre 10 000 et 65 000 m³/an.

¹² Pour plusieurs des ouvrages situés dans la plaine alluviale, on dispose de peu d'informations (pas de log de forage, incertitude sur la profondeur). Ainsi, il est probable que certains puits sollicitent tant la nappe alluviale que la nappe logée dans les horizons schisto-gréseux fracturés du Houiller.

VII. PARAMETRES D'ÉCOULEMENT ET DE TRANSPORT

VII.1 AQUIFERE DES CRAIES DE HESBAYE

Les paramètres d'écoulement et de transport de l'eau dans les craies ont pu être déterminés lors de diverses campagnes d'essais de pompage et de traçage réalisées lors de divers programmes de recherche:

Programme Action Hesbaye (Hallet & Monjoie, 1996);

SWDE: études hydrogéologiques menées dans le cadre de l'établissement des zones de prévention autour des captages situés le long du Geer (voir liste des rapports techniques au [chapitre XI](#));

Thèses de doctorat de l'Université de Liège: Dassargues, 1992; Hallet, 1998; Brouyère, 2001; .Orban, 2009.

La simulation par modèle mathématique de nombreux essais de traçage a permis de préciser les valeurs des paramètres d'écoulement et de transport de la nappe.

Malgré des conductivités hydrauliques relativement faibles mesurées aux différents sites, des vitesses de transfert des traceurs ont parfois été très élevées. Des vitesses de 5 à 15 m/h, correspondant à la première arrivée de traceurs, sont fréquemment mesurées. Les valeurs extrêmes varient entre 0,67 m/h au sein de la matrice crayeuse et 120 m/h au niveau des fissures ouvertes (Hallet, 1997).

Les traçages ont également mis en évidence la forte hétérogénéité du milieu crayeux avec des vitesses de transfert très variables suivant la présence ou non d'axes de fracturations (voire conduits karstiques).

a) Conductivité hydraulique K

Les conductivités hydrauliques varient entre $1 \cdot 10^{-2}$ et $4 \cdot 10^{-4}$ m/s pour les axes de fissuration et les zones fracturées et altérées et, entre $4 \cdot 10^{-4}$ et $2 \cdot 10^{-5}$ m/s pour la matrice crayeuse.

b) Porosité efficace (de drainage) et porosité effective (de transport)

La 'porosité efficace' (de drainage) et la 'porosité effective' (de transport) peuvent être considérées comme différentes dans un milieu complexe comme les craies du Crétacé affectées d'une porosité interstitielle (de pores) et d'une porosité de fissures (voire de conduits karstiques). Les valeurs différentes à considérer pour ces paramètres selon qu'on envisage un problème de

quantité d'eau (coefficient d'emménagement de nappe libre correspondant au drainage du milieu saturé) ou de qualité de l'eau (portion de l'eau mobile participant de manière effective au transport de soluté par advection) viennent du fait qu'il s'agit de processus physiques différents: la porosité participant à l'éventuel drainage du milieu est plus grande que la porosité d'eau mobile par advection dans le milieu. Une illustration peut être trouvée en rappelant que dans un tel milieu, si une fissure ou un conduit permet au polluant d'atteindre dans la réalité des vitesses advectives très importantes, il sera nécessaire d'introduire une porosité effective (de transport) très petite à l'échelle de l'EVR¹³ considéré, pour représenter/simuler cette vitesse effective.

Pour l'aquifère des craies de Hesbaye, les porosités efficaces (de drainage) sont de 1 à 7 % et les porosités effectives (de transport) de 1 à 2 % maximum. Des valeurs plus faibles (entre 0,5 et 2 %) ont été obtenues via modélisation où l'effet de l'eau immobile a été pris explicitement en considération (Orban, 2009).

La très forte variabilité des valeurs des paramètres démontre clairement une très grande hétérogénéité du milieu crayeux.

Lors de la calibration des courbes de restitution, il est souvent nécessaire d'affecter des valeurs de porosité très faibles à l'EVR (valeurs < à 1 %). Ces valeurs de porosité ainsi définies sur l'EVR permettent de simuler les phénomènes d'advection rapide en milieu fissuré. La porosité effective ainsi définie est parfois aussi appelée « *porosité équivalente E.V.R.* ou n_{EVR} ». Les porosités effectives calibrées par les modèles de transport varient de 0,02 à 1 % au niveau des failles (Hallet & Dassargues, 1998).

c) Dispersivités longitudinales

Les valeurs de dispersivité longitudinale obtenues par interprétation des différents traçages dans les craies de Hesbaye confirment l'effet d'échelle (habituellement constaté pour ces coefficients) avec augmentation des valeurs en fonction de la distance considérée. Les valeurs de dispersivité varient également en fonction du degré d'altération et de fissuration des craies (Hallet, 1998) :

dans la craie fissurée mais peu altérée, une augmentation globalement linéaire en fonction de la distance de traçage a été observée

$$\alpha_l = 0,002 + 0,14*d \text{ dans laquelle } d \text{ est la distance de traçage;}$$

¹³ EVR: Elément de Volume Représentatif

dans la craie fissurée et altérée, dans les poches de dissolution ou dans la matrice crayeuse, les valeurs de dispersivité sont plus élevées et apparaissent comme relativement indépendantes des distances de traçage (plus de 50 m);

dans les fissures, là où des vitesses de transfert supérieures à 50 m/h ont été mesurées et où les processus de transport se font principalement par advection, les valeurs de dispersivité calculées sont généralement très faibles, de l'ordre de quelques mètres, indépendamment des distances de traçage.

d) Effet d'eau immobile

Les échanges entre l'eau mobile et l'eau immobile jouent un rôle essentiel en milieu crayeux (Brouyère et *al.*, 1997).

La porosité d'eau immobile (θ_{im}) varie entre 8 et 42 %. Le coefficient de transfert de l'eau mobile vers l'eau immobile varie entre $1 \cdot 10^{-6}$ et $9,8 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}$. Ce coefficient semble peu influencé par la taille du domaine investigué.

VII.2 AQUICLUDE À NIVEAUX AQUIFERES DU HOULLER

Quelques données sur les paramètres hydrodynamiques des formations du Houiller sont disponibles au droit du site d'Hallembaye (Collart et *al.*, 1999, 2002, 2006; ISSeP, 2007). La conductivité hydraulique globale de ces terrains à dominante argileuse est comprise entre $1 \cdot 10^{-6}$ et $1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$. Des essais de pompage ont été réalisés dans le FD3. Leur interprétation donne une conductivité hydraulique moyenne de $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ pour les argilites ("schistes" houillers), de $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ pour le niveau gréseux recoupé, et de $3,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ pour l'ensemble des terrains namuriens de la zone des essais.

Un multi-traçage a été réalisé sur le site avec injection dans les puits FD1, FD4 et FD9 et pompage de récupération depuis le forage FD3. Les dispersivités longitudinales observées sont de 4 à 5 m dans les grès et, de 9 à 9,5 m dans les argilites. Les porosités effectives sont comprises entre 2,3 et 2,5 % dans les grès et, égales à 0,8 % dans les argilites.

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. Quatre zones ont été définies dans la législation wallonne¹⁴:

- la zone I (zone de prise d'eau),
- la zone de prévention IIa (zone de prévention rapprochée),
- la zone de prévention IIb (zone de prévention éloignée),
- la zone de surveillance.

1° Zone I ou zone de prise d'eau

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

2° Zone IIa ou zone de prévention rapprochée

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

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

¹⁴ 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

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.

3° Zone IIb ou zone de prévention éloignée

La zone IIb est comprise entre le périmètre extérieur de la zone IIa et le périmètre extérieur de la zone d'appel de la prise d'eau.

Le périmètre extérieur de la zone IIb ne peut être situé à une distance de l'ouvrage supérieure à celle correspondant à un temps de transfert de l'eau souterraine jusqu'à l'ouvrage de prise d'eau égal à 50 jours dans le sol saturé.

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

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

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

4° Zone de surveillance

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

Mesures 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'Arrête du Gouvernement Wallon du 12 février 2009¹⁵.

¹⁵ 12 février 2009: AGW modifiant le Livre II du Code de l'Environnement constituant les Code de l'Eau en ce qui concerne les prises d'eau souterraine, les zones de prises d'eau, de prévention et de surveillance (M.B. du 27/04/2009, p.33035).

La Société publique de Gestion de l'Eau¹⁶ assure la gestion financière des dossiers concernant la protection des eaux potabilisables distribuées par réseaux, par le biais de contrats de service passés avec les producteurs d'eau. Pour financer les recherches relatives à la délimitation des zones de prévention et indemniser tout particulier ou toute société dont les biens doivent être mis en conformité avec la législation, une redevance de 0,107 € est prélevée sur chaque m³ fourni par les sociétés de distribution d'eau.

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

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

Les zones de protection en Flandre

La carte Tongeren-Herderen est partiellement située en Flandre. Parmi les données cartographiées sur la carte hydrogéologique de la Région Wallonne, on compte les zones de protection. La définition de ces zones en Région Flamande diffère de celle en usage en Région Wallonne.

Les caractéristiques des zones de protection en Flandre sont les suivantes:

1° Waterwingebied, équivalent de la zone I en Région Wallonne. Dans ce périmètre, se trouvent les installations techniques liées au captage (maximum 20 m autour de la prise d'eau).

2° Zone I, avec un temps de transfert dans la zone saturée jusqu'au captage de maximum 24 heures. Cette zone I est délimitée par une ligne située à une distance minimale de dix mètres des limites extérieures de la zone de prise d'eau (waterwingebied).

3° Zone II, avec un temps de transfert dans la zone saturée jusqu'au captage de maximum 60 jours avec une distance maximum de 150 m pour les aquifères captifs et de 300 m dans les autres cas.

¹⁶ SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999

4° Zone III. Cette zone est délimitée par une ligne située à une distance maximale de 2000 m depuis le captage pour les aquifères libres.

Pour de plus amples informations sur la délimitation des zones de prévention en Flandre, nous invitons le lecteur à consulter les sites suivants:

Vlaamse Milieumaatschappij: www.vmm.be

Databank Ondergrond Vlaanderen: <http://dov.vlaanderen.be>

VIII.2 ZONES DE PREVENTION EN WALLONIE

La carte Tongeren-Herderen compte plusieurs prises d'eau soumises à zones de prévention. Certaines ont déjà été définies et arrêtées par le Gouvernement wallon, d'autres sont en cours d'étude. Tous les captages concernés appartiennent à la SWDE, certains sont gérés en partenariat avec la VMW. Cette indivision SWDE/VMW concerne les captages de Wonck et de Roclenghe, sur la commune de Bassenge.

Sur le territoire de la commune de Bassenge, les zones de prévention autour de deux prises d'eau de la SWDE ont été délimitées (figure VIII.1): Eben-Emael et Bas-Slins (Glons). Ces sites ont fait l'objet d'une étude complète comportant de la prospection géophysique, le forage de piézomètres, la réalisation d'essais de pompages et de traçages, l'élaboration d'un modèle mathématique (écoulement et transport). Les zones de prévention rapprochée et éloignée, délimitées sur base des temps de transferts, ont été localement modifiées pour correspondre avec des limites matérialisables sur le terrain.

Ces zones de prévention ont été arrêtées par le Gouvernement Wallon, respectivement, en date du 19 juin 2003: Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée de l'ouvrage de prise d'eau souterraine dénommé "Eben-Emael P1", sis sur le territoire de la commune de Bassenge (Mention au M.B. 14/07/2003, addendum 29/07/2003) et en date du 30 octobre 2006: Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée de l'ouvrage de prise d'eau souterraine dénommé "Bas-Slins P1", sis sur le territoire de la commune de Bassenge (Mention au M.B. 06/12/2006).

A ce jour, les zones de prévention des prises d'eau de Wonck, Roclenghe et Chemin de Chenaye n'ont pas encore été arrêtées par le Gouvernement Wallon. Des études sont en cours. Des essais de traçage et des travaux de modélisation ont été menés sur les sites de Wonck et Roclenghe (Wittorski, 2007; Henrion et *al*, 2007). Les zones à définir sont symbolisées sur la carte hydrogéologique par un triangle vide, tracé autour des captages exploités pour la distribution d'eau potable.

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

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

pour la zone IIb: une distance horizontale 1 000 mètres à partir du périmètre extérieur de la zone IIa.

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

d'un gradient régional qui limite les risques de pollution des captages à partir de l'aval et augmente ces mêmes risques vers l'amont;

de l'hétérogénéité des formations;

d'axes d'écoulement préférentiel et de phénomènes karstiques.

VIII.3 ZONES DE PREVENTION EN FLANDRE

Sur la partie de la carte située en Flandre, les zones de prévention autour du captage de Diets-Heur appartenant à la VMW ont été définies. La délimitation de ces périmètres est basée sur une étude succincte (essais de pompage et modélisation analytique). Les références du décret ministériel du Gouvernement Flamand sont: *Besluit van de Gemeenschapsminister van 03 december 1992 houdende de afbakening van waterwingebieden en beschermingszones te Tongeren Diets-Heur.*

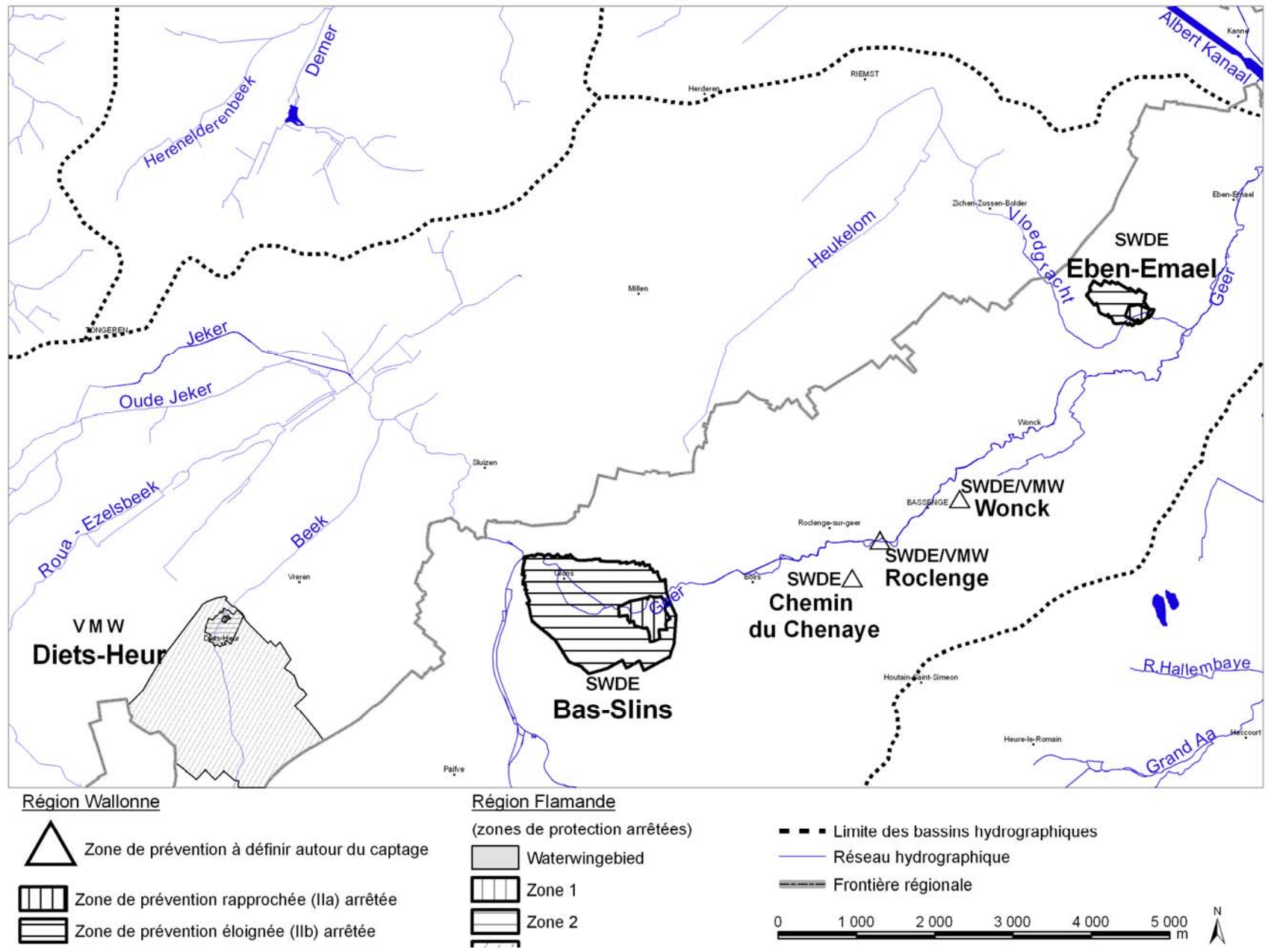


Figure VIII.1: Zones de prévention situées sur la carte Tongeren-Herderen

IX. MÉTHODOLOGIE DE L'ÉLABORATION DE LA CARTE HYDROGÉOLOGIQUE

Ce chapitre décrit brièvement les données géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques utilisées pour construire la carte hydrogéologique Tongeren-Herderen. 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.

Cette carte est située en Région Wallonne et en Région Flamande. Bien que le projet 'Cartes des eaux souterraines' ait pour objet spatial la Wallonie, il semble fondamental pour les cartes couvrant en partie des territoires en Région Flamande de ne pas se limiter à la seule Région Wallonne. D'un point de vue environnemental, il est très intéressant de pouvoir définir le contexte hydrogéologique de la carte dans sa globalité.

Les types de données intégrés habituellement à la carte hydrogéologique de Wallonie n'ont pas tous été cartographiés sur la partie flamande de la carte Tongeren-Herderen. Le choix des données présentées est motivé par leur représentation spatiale, par leur intérêt hydrogéologique ainsi que par leur disponibilité. La majorité des données localisées en Flandre ont été transmises par la Région Flamande. Elles sont issues des bases de données de la Vlaamse MilieuMaatschappij et de Databank Ondergrond Vlaanderen. Un set conséquent de données a été fourni (format: Personal GeoDataBase PGDB).

IX.1 ORIGINE DES INFORMATIONS

IX.1.1 Données géologiques et connexes

Les données géologiques proviennent des descriptions de forages, disponibles principalement auprès du Service Géologique de Belgique, des sociétés de distribution d'eau et dans la base de données de la Région Wallonne.

Les limites entre les unités hydrogéologiques ont été établies à partir de la carte géologique n° 107 Tongeren-Herderen (Van den Broeck et Forir, 1903). Cette carte a été digitalisée par nos soins. La carte des isohypses de la base de la nappe des craies du Crétacé et les coupes ont été réalisées à partir de ces informations.

Il existe plusieurs carrières (quelques unes sont toujours en activité), essentiellement ouvertes dans la craie, sur la carte Tongeren-Herderen. Ne connaissant pas de leur extension précise, leur périmètre n'a pas pu être tracé sur la carte hydrogéologique. Lorsque des données étaient disponibles, elles ont été utilisées pour caractériser le contexte hydrogéologique de la zone.

Plusieurs sites de la région étudiée ont fait l'objet d'investigations géophysiques. Ces zones de prospections géophysiques ont été simplement localisées sur la carte hydrogéologique. Les résultats ne sont pas présentés dans ce document. Seuls les types de prospection et les références bibliographiques sont mentionnés. Ci-dessous la liste des sites investigués:

Site d'Eben-Emael (BCGEOL, 2002a): 10 sondages électriques, 5 km de traînés électriques, 10 sondages sismiques.

Site d'Eben-Emael (ISSeP, 1994): 18 sondages électriques, 5.46 km de traînés électriques, 8 sondages sismiques.

Site de Rocleng-Wonck (Bassenge) (BCGEOL, 2002b): 10 sondages électriques, 7 km de traîné électrique, 10 sondages sismiques.

Site de Glons (Bassenge) (GEOPARTNERS, 1996): 10 sondages électriques, 8 km de traînés électriques 14 sondages sismiques.

IX.1.2 Données météorologiques et hydrologiques

Des données de précipitations sont disponibles à l'IRM pour la station de Riemst (EL 12).

Sur le Geer, à hauteur d'Eben-Emael (à l'est de la carte), les services de la Région wallonne (DCENN) ont installés une station limnimétrique (L6340) (capteur de pression). Les données sont consultables sur le site AQUALIM (<http://mrw.wallonie.be/dgrne/aqualim/>).

IX.1.3 Données hydrogéologiques

IX.1.3.1 Localisation des ouvrages

Dans la base de données wallonne, BD-Hydro, 137 ouvrages ont été introduits dont 5 puits destinés à l'approvisionnement public en eau potable, 86 autres puits, 43 piézomètres, et 3 sources exploitées. Ils sont répertoriés comme prise d'eau ou point d'accès à la nappe.

Ces données proviennent des sociétés de distribution d'eau (SWDE), de divers rapports techniques (voir liste bibliographique), de particuliers et de la banque de données de la Région Wallonne (dix-sous) <http://carto1.wallonie.be/10SousInt>.

Côté flamand, d'après les données fournies par la VMM, on dénombre 166 ouvrages recensés dans les limites de la carte, dont 98 piézomètres (grondwatermeetnet, situation au 22/10/2008) et, 2 puits de société de distribution publique d'eau et 66 puits privés (huidige grondwater, situation au 22/10/2008).

IX.1.3.2 Données piézométriques

La nappe aquifère de Hesbaye a été largement étudiée. Plusieurs campagnes piézométriques régionales ont été réalisées. La première date de 1932. Dans le cadre de l'élaboration de la carte hydrogéologique de Wallonie et de la thèse de doctorat de Ph.Orban (2009), une nouvelle campagne de mesures a été effectuée entre janvier et avril 2008 sur l'ensemble de la Hesbaye, y compris la zone au nord du Geer. Sur l'ensemble de la Hesbaye, 236 mesures piézométriques ont été collectées. Ces données ont été mesurées soit par l'équipe d'Hydrogéologie (GEO³-ArGEnCo-ULg), soit par la CILE (campagnes mensuelles), soit par l'ISSeP (suivi du réseau de surveillance mis en place par la Région Wallonne), soit par la VMW, soit extraites de la base de données DOV. Le rôle du réseau hydrographique sur les eaux souterraines a, également, été pris en considération, notamment au niveau du Geer. Une carte piézométrique régionale a ainsi été dressée. Les isopièzes ont été tracées avec une équidistance de 5 m. L'interprétation de ces données spatiales ainsi que des fluctuations du niveau de la nappe dans le temps est présentée au [chapitre IV.2.1](#).

Quelques relevés piézométriques sont aussi disponibles dans des ouvrages forés dans les autres unités hydrogéologiques de la carte, telles que la nappe alluviale de la Meuse ou l'aquiclude à niveaux aquifères du Houiller. Quelques informations ponctuelles concernant le 'Brulandkrijtsysteem' sont également intégrées au projet cartographique.

IX.1.4 Données hydrochimiques et tests sur les puits

Les données hydrochimiques ont, pour la plupart, été fournies par la Région Wallonne et par les sociétés de distribution d'eau (SWDE et VMW). Ces informations ont seulement été collectées pour les ouvrages souterrains situés en Wallonie. Des chroniques 'Nitrates' et des analyses chimiques complètes sont consultables pour un grand nombre d'ouvrages sur le site Internet de la base de données [DOV](#)

Pour la partie wallonne de la carte, des données hydrochimiques disponibles pour 38 puits ont été encodées dans la base de données hydrogéologiques (BD-Hydro), soit 4197 valeurs (tous paramètres chimiques confondus). La plupart des données hydrochimiques caractérisent la nappe des craies de Hesbaye. Quelques échantillons proviennent d'ouvrages forés dans les terrains houillers dont ceux du site d'Hallembaye. Voir [chapitre V](#).

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, des travaux de fin d'études et de thèse, d'études hydrogéologiques diverses (voir la liste bibliographique). Le résultat de ces tests (essais de pompage et traçages

essentiellement) sont synthétisés au [chapitre VII](#). Sur la carte thématique précitée, les puits où de tels tests ont été réalisés sont mis en évidence par divers symboles.

IX.1.5 Autres données

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

Sur la Tongeren-Herderen, plusieurs zones de prévention arrêtées sont reportées sur la carte 1/25.000, deux en Wallonie, une en Flandre. Le contour de ces zones a été fourni par le Service Public de Wallonie et par la Région Flamande (Vlaamse Milieumaatschappij). Le [chapitre VIII](#) présente ces zones.

Plusieurs zones vulnérables aux nitrates ont été définies en Région Wallonne, l'une d'entre elles, la Hesbaye, couvre la carte étudiée. Le contour de cette zone a été fourni par le Service Public de Wallonie. La Flandre est également désignée en zone vulnérable. Des plus amples renseignements sont repris [au chapitre V, paragraphe V.2](#).

IX.2 BASE DE DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES

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

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

Ainsi les données détaillées de l'hydrochimie, de la piézométrie, des volumes exploités, des paramètres d'écoulement et de transport, de géologie telles que les descriptions de log de forage et d'autres données administratives ou autres sont stockées dans la BD HYDRO (Wojda et *al.*, 2005). Elle regroupe toutes les informations disponibles en matière d'hydrogéologie en Région wallonne. Parmi les nombreuses et diverses données de la BD HYDRO on trouve des informations relatives à la localisation des prises d'eau (puits, sources, piézomètres,...), leurs caractéristiques géologiques et techniques, ainsi que des données sur la piézométrie, la qualité physico-chimique des eaux souterraines, les volumes prélevés... Les divers tests (diagraphies,

essais de pompage, essais de traçage, prospection géophysique) sont également encodés dans la BD HYDRO. Elle est également enrichie avec les informations sur les études, rapports et autres documents hydrogéologiques écrits. Ces renseignements se présentent sous la forme de métadonnées.

Les données de la Région Flamande (VMM- Afdeling Water, DOV) ne sont pas encodées dans la BD-HYDRO. Cette base de données est dédiée essentiellement aux entités situées en Wallonie, même si quelques données transfrontalières y sont parfois introduites. De plus, les données de la Flandre, mises à disposition pour la carte hydrogéologique de Wallonie, restent propriétés de la Région Flamande. Ces données sont disponibles via la [base de données D.O.V.](#) sur Internet.

IX.3 POSTER DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

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

- la carte hydrogéologique principale (1/25.000);
- les cartes thématiques (1/50.000):
 - Carte des informations complémentaires et des caractères des nappes;
 - Carte des volumes d'eau prélevés;
 - Carte des isohypses de la base et du toit des aquifères;
- une coupe géologique et une coupe hydrogéologique;
- le tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie';
- la carte de la Belgique (1/5.000.000) où est localisée la carte étudiée.

IX.3.1 Carte hydrogéologique principale

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

le fond topographique de la carte IGN au 10 000^e;

le réseau hydrographique (rivières, principaux plans d'eau et berges);

la carte géologique Tongeren-Herderen (1903). Cette carte a été digitalisée par nos soins;

la faille de Horion-Hozémont ou Faille bordière du Massif du Brabant qui joue un rôle important dans l'hydrogéologie régionale;

la localisation des points d'eau comptant:

des puits des sociétés de distribution d'eau;

des puits privés exploités et déclarés à la Région wallonne;

des piézomètres, ces derniers étant considérés comme tout point d'accès non exploité (forage de petit diamètre, puits non équipé, puits traditionnel);

des sources exploitées;

des ouvrages souterrains déclarés en Région flamande (issus de la base de données [DOV](#)): les captages actifs (huidige grondwater) et les piézomètres de surveillance (Grondwatermeetnet);

la localisation des stations climatiques;

les isopièzes (en rouge) représentant l'allure de la nappe des craies observée en janvier-avril 2008 et le sens probable de l'écoulement souterrain;

à défaut de carte piézométrique, des valeurs ponctuelles du niveau de la nappe, avec la date de la mesure;

les zones de prévention IIa et IIb en Wallonie:

arrêtées par le Gouvernement Wallon (Eben-Emael et Bas-Slins);

à définir autour des captages;

les zones de prévention 1, 2, 3 en Flandre (captage de Diets-Heur à Tongres);

le trait de coupe AA' (Nord-Sud, passant par Herderen et Roclenge);

des limites administratives (frontières nationale et régionale).

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

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

Côté wallon, l'aquifère des craies de Hesbaye est défini comme libre sous les limons éoliens et/ou les sables tertiaires. Cependant, il faut noter qu'à proximité du Geer, la nappe sise dans les craies du Crétacé peut être localement et temporairement semi-captive sous la couverture limoneuse et/ou les alluvions argileuses (détails au [chapitre IV.2.1](#)). Le choix de définir cette

zone de la nappe aquifère en nappe libre est guidé par le manque de données précises sur la localisation de la limite de la zone semi-captive et par la volonté d'insister sur le caractère vulnérable de cette nappe. Côté flamand, le zonage 'nappe libre – nappe captive' nous a été fourni par la Vlaamse Maatschappij Milieumaatschappij (VMM). Sont présentées sur cette carte thématique les données relatives à la masse d'eau souterraine 'BLKS 1100' (Brulandkrijtsysteem, Krijt Aquifer). Ici, la majorité de l'aquifère est défini en tant que nappe libre (freatisch). Sous les dépôts argileux de l'aquiclude de Boom et/ou des niveaux aquicludes du Tongrien, la nappe des craies devient captive (gespannen) (VMM, 2006). La nappe sise dans les graviers de Meuse est libre à semi-captive sous les limons fluviaux. Les aquifères locaux schisto-gréseux du Houiller sont semi-captifs sous la couverture cénozoïque. Dans les terrains du Houiller, la nappe peut se retrouver en charge sous les couches plus argileuses (shales, "phtanites") et sous certaines alluvions.

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

La nappe du Crétacé de Hesbaye a été déclarée, par arrêté ministériel (28/07/1994), zone vulnérable (MB 04/01/1995); arrêté relatif à la protection des eaux souterraines contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles. Depuis le 22 décembre 2006, l'ensemble du territoire régional wallon situé au nord du sillon Sambre-et-Meuse a été désigné zone vulnérable (AGW 22/12/2006; MB 06/03/2007). Cette désignation implique l'application d'un programme d'action précis dont les mesures ont été arrêtées dans le code de « bonnes pratiques agricoles ». Des mesures particulières relatives à la gestion durable de l'azote en agriculture sont définies dans le Code de l'Eau. Depuis le 1^{er} janvier 2007, la totalité de la Flandre est désignée comme "zone vulnérable aux nitrates" dans le cadre de la Directive européenne "Nitrates". La carte Tongeren-Herderen est ainsi entièrement couverte par ces zones. Plus d'informations sur les nitrates sont disponibles dans le [chapitre V.2.](#)

IX.3.3 Carte des volumes d'eau prélevés

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

plusieurs ouvrages, il n'a pas été possible de déterminer dans quelle formation géologique ils ont été implantés ne disposant pas d'information sur le log géologique ou/et la profondeur du puits.

Cette carte, au 50 000^e, reprend aussi les volumes d'eau prélevés annuellement, informations extraites de la base de données de la Région Wallonne "dix-sous" (DGARNE). Les volumes représentés sont les volumes déclarés par les titulaires à la Région wallonne. Les volumes destinés à la distribution publique d'eau sont ceux de l'année 2007. Pour les autres volumes (industries, agriculteurs, particuliers), il s'agit de l'année 2005.

L'exploitation d'une prise d'eau souterraine peut être évidemment variable et soumise à de nombreux aléas. Les contraintes techniques de l'ouvrage, l'activité économique liée à ce captage et l'évolution des conditions hydrogéologiques de la nappe sollicitée peuvent limiter les capacités de production. La présentation des volumes moyens prélevés, correspondant aux cinq dernières années encodées par l'administration, illustre de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la carte étudiée (2001-2005). Ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni de l'exploitation réelle des nappes. Elles reflètent simplement de manière indicative l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées. Il se peut que pendant ces années, certains ouvrages n'aient pas été en exploitation continue (année sans prélèvement). Le [chapitre VI](#) consacré à l'exploitation des aquifères reprend l'historique des principaux captages de la carte

Aucune donnée concernant la partie flamande de la carte n'est reprise sur cette carte thématique. En effet, les informations enregistrées dans la base de données flamande (DOV) concernent les volumes autorisés. La carte hydrogéologique de Wallonie, elle, représente les volumes prélevés sur base des déclarations des titulaires. A propos des unités hydrogéologiques sollicitées par les ouvrages, le découpage hydrogéologique de la Flandre et de la Wallonie étant différent, cette information n'a pas été intégrée pour la partie flamande de la carte Tongeren-Herderen. Pour plus de renseignements, se référer au site Internet de la DOV:

<http://dov.vlaanderen.be>: thema: grondwater: *grondwatervergunning & HCOV-kartering*

IX.3.4 Carte des isohypses de l'aquifère des craies de Hesbaye

L'aquifère principal, localisé au sein des craies, est limité à sa base par la smectite de Herve et au sommet par le conglomérat à silex. Localement, en l'absence de smectite, la craie repose directement sur des intrusions de roches magmatiques ou sur le substratum paléozoïque. Le sommet des craies est irrégulier du fait de la dissolution post-crétacée. De plus, les craies sont surmontées d'un conglomérat à silex, localement de dépôts sableux et de limons dont les épaisseurs peuvent être très variables.

Etant donné le contexte géologique et la disponibilité des données, les isohypses n'ont été tracés que pour la base de l'aquifère des craies. Concernant le toit de l'aquifère, seules des informations ponctuelles sont présentées.

Sur cette carte, on peut observer le pendage vers le nord, de l'ordre de 1 à 2 %. Le rejeu de la faille d'Horion-Hozémont est aussi fortement marqué par le décrochement des isohypses de la base de l'aquifère. Pour plus de détails, se référer au [chapitre III.2](#).

Seule la région wallonne a été cartographiée pour cette thématique. Les données sur les épaisseurs des couches et le niveau (base et toit) des différentes formations géologiques existent également pour la partie flamande. Ces données sont disponibles dans la base de données [DOV](#). Cependant, vu l'écart des valeurs des isohypses entre la Région Flamande et la Région Wallonne, le tracé des isohypses se limitera dans cette dernière région.

IX.3.5 Tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie'

Le tableau lithostratigraphique reprend la liste des différentes formations géologiques susceptibles d'être rencontrées sur la carte Tongeren-Herderen. En l'absence de nouvelle carte géologique, la nomenclature utilisée est celle de la carte géologique de Van den Broeck et Forir (1903). Seules les formations affleurantes sont présentées dans ce tableau. Les assises reconnues uniquement via des sondages n'y sont pas mentionnées.

La lithologie des formations est aussi décrite ; leur caractéristique hydrogéologique est définie en termes d' :

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.

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

Les unités hydrogéologiques utilisées pour caractériser la carte Tongeren-Herderen sont issues du découpage général établi dans le cadre de la réalisation de la carte hydrogéologique de Wallonie. En Flandre, un autre découpage a été adopté, avec la codification HCOV (annexe 5). Cartographiquement, il n'est pas repris sur la carte hydrogéologique Tongeren-Herderen mais il est présenté dans la notice au [chapitre IV.1.4](#).

IX.3.6 Coupes géologique et hydrogéologique

La coupe est orientée nord-sud (X: 235 000 m). Elle traverse les localités de Herderen, Millen, Roclenghe et Boirs. Deux coupes ont été dressées, sur le même axe mais avec une échelle des hauteurs différente. L'échelle horizontale des coupes est au 25 000^e, l'échelle verticale est de 1/25 000 pour la coupe géologique et de 1/2500 pour la coupe hydrogéologique. Ce facteur d'exagération des hauteurs (X10) permet une meilleure visibilité du niveau piézométrique, reporté sur cette coupe.

Les principales formations géologiques présentes sur la carte Tongeren-Herderen sont recoupées par cette coupe. La coupe a été établie à partir de la carte géologique n°107 (Van den Broek et Forir, 1903) et de la carte des isohypses. Les données fournies par la Région Flamande n'ont pas été utilisées pour la même raison qu'elles n'ont pas été reprises sur la carte des isohypses.

La smectite (Cp2), d'une puissance de 10 à 20 m, repose en discordance sur le bed-rock paléozoïque pénéplané et est surmontée de craies (Cp4, Cp3 et M) partiellement érodées ou dissoutes avec, au sommet, un placage irrégulier de silex résiduels (Sx). L'altitude du toit de la smectite de Herve (aquiclude du Campanien), donc la base de l'aquifère des craies de Hesbaye, est comprise entre + 80 et – 30 m, du sud au nord) Le pendage des couches est de 1 à 1,5 %, en direction du NW. Il existe au toit de la craie de nombreuses poches de dissolution et d'anciennes exploitations de phosphates de chaux. La faille d'Horion-Hozémont remonte le compartiment septentrional. Des données de forages permettent d'estimer ce rejet à environ 7 m dans la région de Boirs. Cette faille a été supposée sub-verticale. Nous ne disposons cependant d'aucune information géologique l'attestant (pas de forages obliques dans cette région).

Sur la coupe hydrogéologique, le niveau piézométrique mesuré en janvier-avril 2008 a été reporté en trait rouge. On constate que la nappe logée dans les craies est sub-affleurante dans la vallée de Geer où suintent de nombreuses zones humides. Dans la partie sud de la coupe, la nappe est à la cote 105 m. Au nord, elle est à 80 m. La nappe est drainée, principalement, par le Geer. Un dôme piézométrique est observé dans la région de Millen (cote: 90 m). Au nord du Geer, la nappe est semi-captive à captive sous les dépôts cénozoïques (sables, sables argileux, loess).

X. BIBLIOGRAPHIE

Batlle Aguilar, J., Orban, Ph., Dassargues, A., Brouyère, S. (2007): Identification of groundwater quality trends in a chalk aquifer threatened by intensive agriculture in Belgium, *Hydrogeology Journal*, 15: 1615-1627.

BCGEOL (Vezin). (2002a): Recherches de nouvelles ressources en eau – Etude géophysique – Bassenge, Eben-Emael, *SWDE*, dossier 01155, inédit

BCGEOL (Vezin). (2002b): Etude géophysique-Site de Bassenge (Roclenge-Wonck)-*SWDE*, dossier 02184. Annexe 2.1 du dossier 'Projet de délimitation des zones de prévention de la prise d'eau de Bassenge (Roclenge P1, 34/6/8/001 & Wonck P1, 34/6/5/001) – Note explicative, décembre 2007

Boulvain, F. (ULg) & Pingot, J-L. (UCL). (2008): Une introduction à la géologie de la Wallonie. Cours en ligne, Université de Liège, Liège

Brouyère, S. (2001): Etude et modélisation du transport et du piégeage des solutés en milieu souterrain variablement saturé, *Thèse de doctorat, Fac. Sciences Appliquées, Université de Liège.*, 572 pp + annexes. Document disponible sur le serveur 'Bictel' de l'ULg. Accès libre. <http://bictel.ulg.ac.be/ETD-db/collection/available/ULgetd-08222007-101855/>

Brouyère S., Hallet V., Dassargues A. (1997): Effets de retard et de piégeage des polluants dus à la présence d'eau immobile dans le milieu souterrain : importance de ces effets et modélisation. *Colloque national 1997 du Comité belge de Géologie de l'Ingénieur.* Katholieke Universiteit Leuven

Brouyère, S., Dassargues, A., Hallet, V. (2004): Migration of contaminants through the unsaturated zone overlying the Hesbaye chalky aquifer in Belgium: a field investigation. *Journal of Contaminant Hydrology*, 72(1-4): 135-164.

Bultot, F., Coppens, A., Dupriez, G.L. (1983): Estimation de l'évapotranspiration potentielle en Belgique. *Inst. Roy. Mét. Pub.*, Série A, N° 112, Uccle - Bruxelles.

Calembert, L. (1953): Sur l'extension régionale d'un hard-ground et d'une lacune stratigraphique dans le Crétacé supérieur du Nord-Est de la Belgique. *Bulletin de l'Académie Royale des Sciences de Belgique*, Classes des Sciences, 5° série, T. XXXIX, pp.724-733, 3 fig., Bruxelles

Calembert, L. (1958): Le Crétacé supérieur de Glons. *Ann. Soc. Géol. Belg*, 81, pp. 459-464.

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

Collart, C., Dengis, P. (1999): Réseau de contrôle des CET en Région wallonne – CET d'Hallembaye – première campagne de contrôle, sept-nov 1999, ISSeP, 31p

Collart, C., Dengis, P. (2002): Réseau de contrôle des CET en Région wallonne – CET d'Hallembaye – deuxième campagne de contrôle, février-avril 2002, ISSeP n°930/2002, 52p

Collart, C., Lebrun, V., Kheffi, A., Maquinay, J.-C. (2007): Réseau de contrôle des centres d'enfouissement technique. en Région wallonne – Centre d'enfouissement technique d'Hallembaye – troisième campagne de contrôle, 2006, ISSeP n°0837/2007, 85p

Dassargues, A. (1992): Paramétrisation et simulation des réservoirs souterrains. Discrétisation du domaine, préparation statistique des données. Couplages et non linéarités des paramètres, *Thèse de doctorat, Fac. Sciences Appliquées, Université de Liège.*, 313p. Document disponible sur le serveur 'Bictel' de l'ULg. Accès libre. <http://bictel.ulg.ac.be/ETD-db/collection/available/ULgetd-01262009-115513/>

Dassargues, A. & Lox, A. (1991): Modélisation mathématique de la nappe alluviale de la Meuse en aval de Liège (Belgique), *in* "Le système hydrologique de la région frontalière Liège-Maasbracht, résultats des recherches 1985-1990", Rapport et notes n° 26, CHO-TNO, Delft, pp. 27-55

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

Dautrebande, S., Dewez, A., Casee, C., Hennebert, P. (1999): Nitrate leaching at regional scale: an implicit example of the hydrotope concept application. Modelling of transport processes in soils at various scales in time and space. EurAgEng Soil and Water Interest Group's International Workshop, Leuven, Belgium.

Dejonghe, L. (1998): Guide de lecture des cartes géologiques de Wallonie au 1/25 000. *Service Public de Wallonie*, 47p.

Dewez, A., Dautrebande, S. (1996): Programme Action Hesbaye. Rapport scientifique. Unité d'Hydraulique Agricole. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux

DGRNE (SPW-DGARNE). (2005): Etat des lieux des sous-bassins hydrographiques. Tome 1: Etat des lieux. Sous bassin Meuse Aval. Partie 'Eaux Souterraines'. Masse d'eau du Crétacé de Hesbaye: RWM040., Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Direction des Eaux de Surface & Direction des Eaux

Souterraines, Observatoire des Eaux de Surface & Observatoire des Eaux Souterraines, 30p.
http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/eso/rwm040.pdf

GEOPARTNERS (Wierde). (1996): Etude géophysique-Site de Bassenge-SWDE, rapport GBAS04-96. Annexe 2 du dossier 'Projet de délimitation des zones de prévention de la prise d'eau de Bassenge (Glons) (Bas-Slins P1, 34/6/7/001) – Note explicative, novembre 2003.

Ghysel P. (1985): Etude du Crétacé de Hesbaye. Contrat Région Wallonne - CILE.

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

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

Hallet, V. (1997): Caractérisation des paramètres hydrodynamiques et hydrodispersifs de la craie de Hesbaye (Belgique), *Ann. Soc. Géol. du Nord*, 5 (2° série), p 305 - 310.

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

Hallet V., Monjoie A. (1996): Programme-Action Hesbaye. Rapport Scientifique - LGIH. Ministère de la Région Wallonne, Division de l'eau - Service des eaux souterraines

Hallet, V. & Dassargues, A. (1998): Effective porosity values used in calibrated transport simulations in a fissured and slightly karstified chalk aquifer, *Groundwater Quality*, M. Herbert & K. Kovar (Eds.), Tübingen Geowissenschaftliche Arbeiten (TGA), C36, pp. 124-126.

Henrion, V., Dassargues, A. (2007): Modélisation des zones de prévention des sites de captage de Bassenge (Wonck P1 et Roclengue P1), rapport SWDE/071, HGE-GEO³-Université de Liège

Interreg II. (2000): Qualité de l'eau souterraine dans les aquifères des provinces Limbourg belge, Limbourg néerlandais et Liège. Equipes : LGIH-ULg (Liège), LISEC (Genk) et TNO-NTIG (Delft et Heerlen)

ISSeP. (1994): Etude géophysique du site de prise d'eau de Bassenge (Eben-Emael)-SWDE, rapport 806/94. Annexe 2 du dossier 'Projet de délimitation des zones de prévention de la prise d'eau de Bassenge (Eben-Emael P1, 34/6/6/001) – Note explicative, octobre 2001

ISSeP. (2007): Fiches techniques du CET d'Hallembaye, consultables sur le site Internet de la RW: http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/02hal/2_0C.htm

Jungels, P. (1968): Sondages en Hesbaye, *Prof.Paper*, 15, Service Géologique de Belgique.

Laga, P., Louwye, S., Geets, S. (2001): Paleogene and Neogene lithostratigraphic units (Belgium), In Bultynck & Dejonghe, eds, Guide to a revised lithostratigraphic scale of Belgium, *Geologica Belgica*, Brussels, 4/1-2,135-152

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

LGIH (1987a): Etude hydrogéologique de la nappe alluviale en aval de Liège et des écoulements souterrains en provenance du Canal Albert et des canaux de Campine, *Service public de Wallonie (Ministère des Travaux Publics, Voies hydrauliques)*. Rapport MTP/871.

LGIH (1987b): Etude des écoulements souterrains dans la nappe alluviale de la Meuse à hauteur du barrage de Lixhe à la frontière avec les Pays-Bas, *Service public de Wallonie (Ministère des Travaux Publics, Voies hydrauliques)*. Rapport MTP/872

LGIH. (1987c), Modélisation de la nappe aquifère de Hesbaye, *Service public de Wallonie (Direction des Eaux Souterraines)*. LGIH & MSM, Rapport HESB/871

LGIH (1990): Modélisation mathématique des écoulements souterrains de la nappe alluviale de la Meuse entre Monsin et Lanaye ainsi que les interactions entre le Canal Albert et la Meuse, *Service public de Wallonie (Ministère des Travaux Publics, Voies hydrauliques)*. Rapport MTP/901

Meyus, Y., Batelaan, O. & De Smedt, F. (2000), Concept Vlaams Grondwater Model (VGM), technisch concept van het VGM, Deelrapport I: Hydrogeologische Codering van de Ondergrond van Vlaanderen (HCOV), 58p. *In opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, departement Leefmilieu en Infrastructuur, AMINAL, afdeling Water.*

Meyus, Y., Cools, J., Adyns, D., Zeleke, S.Y., Woldeamlak, S.T., Batelaan, O. & De Smedt, F. (2005): Hydrogeologische detailstudie van de ondergrond in Vlaanderen, Eindrapport. *Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer, Afdeling Water*, 107p + bijlanken

Monjoie, A. & Polo-Chiapolini, Cl. (1973): Influence des travaux miniers sur les caractéristiques hydrogéologiques et géomécaniques des massifs rocheux, *Ann. des Mines de Belgique*, 9° livraison.

Orban, Ph. (2009): Solute transport modelling at the groundwater body scale: Nitrate trends assessment in the Geer basin (Belgium), *Thèse de doctorat, Fac.Sciences Appliquées*,

Université de Liège. Document disponible sur le serveur 'Bictel' de l'ULg. Accès libre.
<http://bictel.ulg.ac.be/ETD-db/collection/available/ULgetd-03182009-163146/>

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

Rouxhet, F., Guiot, J. (1996): Programme Action Hesbaye. Rapport scientifique. Station de Phytotechnie. Centre de Recherche Agronomiques de Gembloux

SPAQuE-IRCO. (1993): Rapport de caractérisation du site de Juprelle, Jette-Fooz (Wuidar) (Lg4205-01), 85p & annexes + Complément d'étude (janvier 1995)

SWDE. (1997): Réalisation de quatre piézomètres (PZ1 à PZ4) à Bassenge (anciennement Eben-Emaei), *Service Protection des Ressources et Captage*. Rapport technique.

SWDE. (2004): Réalisation de neuf piézomètres (PZ1 à PZ9) à Bassenge (anciennement Wonck et Rocleng-sur-Geer), *Service Protection des Ressources et Captage*. Rapport technique n°174.

SWDE. (2005): Réalisation de deux piézomètres (PZ6 et PZ7) et d'un puits de production (P2) à Bassenge (anciennement Boirs et Rocleng-sur-Geer), *Service Protection des Ressources et Captage*. Rapport technique n°124.

SWDE. (2006): Réalisation de deux puits de reconnaissance (PR1 et PR2) à Bassenge (anciennement Eben-Emael), *Service Protection des Ressources et Captage*. Rapport technique n°190.

Thorez, J., Monjoie, A. (1973): Lithologie et assemblage argileux de la smectite de Herve et des craies campaniennes et maastrichtiennes dans le Nord-Est de la Belgique. *Ann. Soc. Géol. Belg*, 96, 1973, pp. 651-970.

Tracetel Development Engineering. (2001): CBR-Carrière de Romont – Etude des Incidences sur l'Environnement. 80p, inédit

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

Van den Broeck, E. & Forir H., (1903): Carte géologique de Belgique, Planchette 107- Tongres-Herderen, 1/40.000, *Service géologique de Belgique*

Vlaamse Milieumaatschappij (VMM). (2006): Grondwaterbeheer in Vlaanderen: het onzichtbare water doorgrond, Aalst. 150p. http://www.vmm.be/publicaties/2008/Grondwater_ok.pdf

Vlaamse Milieumaatschappij (VMM). (2008): Grondwater in Vlaanderen: het Brulandkrijtsysteem, Aalst. 125p. http://www.vmm.be/publicaties/2008/blks_systeem_definitief_ok.pdf

Witorski, O. (2007): Etude hydrogéologique des sites de captages de Wonck et Roclenge, Essais de traçage et modélisation du transport de polluants pour la détermination des zones de prévention, *Travail de fin d'études, Fac.Sciences Appliquées, Université de Liège*, 105p + annexes

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, *SPW - DGARNE*, Convention SPW - ULg-Hydrogéologie

ANNEXE 1: Liste des abréviations des institutions et organismes

CILE : Compagnie Intercommunale Liégeoise des Eaux

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

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

DGARNE: Service public de Wallonie. Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement. DGO3

Avenue Prince de Liège, 15 à 5100 JAMBES

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

D.C.E.N.N.: Direction des Cours d'Eau Non Navigables

Direction des Eaux Souterraines

Depuis le 1^{er} août 2008, Ministère wallon de l'Équipement et des Transports et le Ministère de la Région wallonne ont fusionné pour donner naissance au Service public de Wallonie. Ainsi la 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.

DGATLPE: Service public de Wallonie. Direction générale opérationnelle de l'Aménagement du territoire, du Logement, du Patrimoine et de l'Énergie. DGO4

Rue des Brigades d'Irlande, 1 à 5100 JAMBES

HG-GEO³ : Hydrogéologie & Géologie de l'Environnement- GEO³ - ArGEnCo – ULg

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

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

IRM: Institut Royal Météorologique, Section Climatologie.

Avenue Circulaire, 3 à 1180 BRUXELLES

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

ISSeP: Institut Scientifique de Service Public

Rue du Chéra, 200 à 4000 LIEGE

<http://www.issep.be>

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

Suite la succession du Professeur A.Monjoie, les activités sont poursuivies au sein du département ArGEnCo, Secteur GEO³ (ULg), Bâtiment B52, Sart-Tilman, Liège

SGB: Service Géologique de Belgique.

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

Rue Jenner, 13 à 1000 BRUXELLES

<http://www.sciencesnaturelles.be/geology>

SPAQuE: Boulevard d'Avroy, 38/6 à 4000 LIEGE

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

SWDE : Société Wallonne des Eaux

Rue de la Concorde, 41 à 4800 VERVIERS

<http://www.swde.be>

VMM : Vlaamse Milieumaatschappij

A. Van de Maelestraat 96 à 9320 Erembodegem

<http://www.vmm.be> et <http://www.vmm.be/water>

Databank Ondergrond Vlaanderen: <http://dov.vlaanderen.be>

VMW : Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening

Belliardstraat 73 à 1040 Brussel

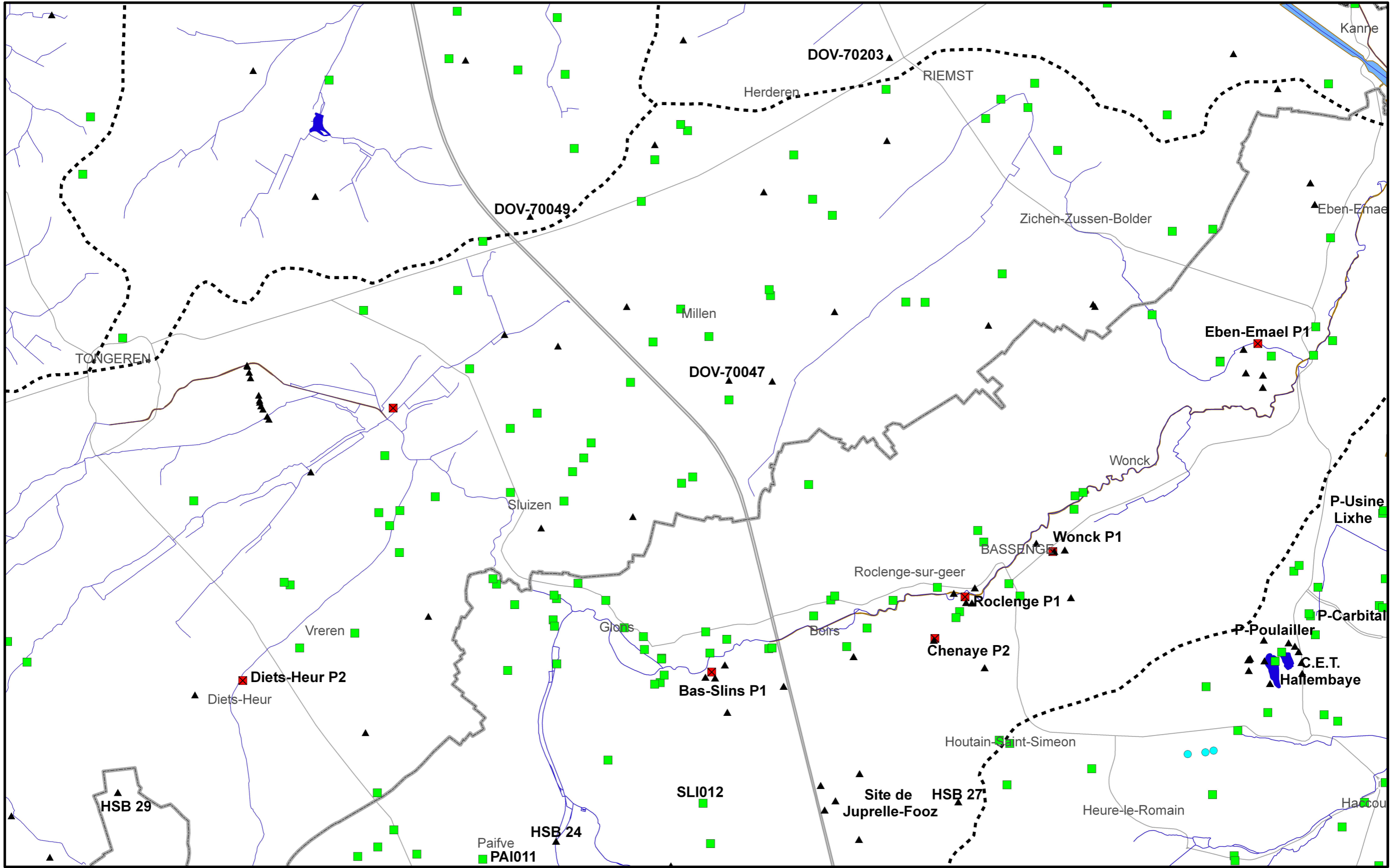
<http://www.vmw.be>

ANNEXE 2: Table des illustrations

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURE I.1 : PLAN DE LOCALISATION | 6 |
| FIGURE II.1: RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE ET BASSINS VERSANTS | 8 |
| TABLEAU II.1: RÉPARTITION DÉTAILLÉE DE L'OCCUPATION DU SOL - TERRITOIRES AGRICOLES..... | 9 |
| FIGURE II.3: RÉPARTITION DES TYPES DU SOL..... | 11 |
| FIGURE III.1: CARTE GÉOLOGIQUE DE LA WALLONIE (BOULVAIN & PINGOT, 2008; MODIFIÉ)..... | 13 |
| TABLEAU III.1: LITHOLOGIE DU CRÉTACÉ DE HESBAYE..... | 15 |
| FIGURE III.2: CONTEXTE STRUCTURAL DE LA RÉGION DE TONGEREN-HERDEREN (SCHÉMA) | 22 |
| TABLEAU IV.1: CORRESPONDANCE ENTRE LA GÉOLOGIE ET L'HYDROGÉOLOGIE – CARTE TONGEREN-HERDEREN | 29 |
| FIGURE IV.1: SIX SYSTÈMES D'EAUX SOUTERRAINES EN FLANDRE (GRONDWATERSYSTEMEN)(VMM, 2008)..... | 32 |
| TABLEAU IV.2: MASSES D'EAU SOUTERRAINE EN FLANDRE – GRONDWATERLICHAMEN | 32 |
| FIGURE IV.2: MASSES D'EAU SOUTERRAINE POUR LA PARTIE EN TERRITOIRE FLAMAND..... | 33 |
| FIGURE IV.2: CARTES PIÉZOMÉTRIQUES DE LA NAPPE DES CRAIES DE HESBAYE: 1951 & 2008..... | 36 |
| FIGURE IV.4: FLUCTUATIONS PIÉZOMÉTRIQUES DE LA NAPPE DE HESBAYE AU DROIT DE PUIITS SITUÉS EN WALLONIE SUR LA CARTE 34/5-6..... | 39 |
| FIGURE IV.5: FLUCTUATIONS PIÉZOMÉTRIQUES DE LA NAPPE DE HESBAYE AU DROIT DE PUIITS SITUÉS EN FLANDRE SUR LA CARTE 34/5-6 (SOURCE: DOV)..... | 39 |
| FIGURE IV.6 : RELATION «DÉBIT DU GEER – INFILTRATION - DÉBITS DES CAPTAGES» (HALLET, 1998) | 41 |
| FIGURE IV.7.: LOCALISATION DES PIÉZOMÈTRES SUR LE SITE DU CET D'HALLEMBAYE..... | 42 |
| FIGURE IV.8: FLUCTUATIONS PIÉZOMÉTRIQUES AUTOUR DU CET D'HALLEMBAYE DANS LE HOULLER | 43 |
| TABLEAU V.1 : CARACTÉRISTIQUES HYDROCHIMIQUES MOYENNES DE LA NAPPE DES CRAIES DE HESBAYE..... | 46 |
| TABLEAU V.2 : CARACTÉRISTIQUES HYDROCHIMIQUES DE LA NAPPE FISSURÉE DU HOULLER AU DROIT DU CET D'HALLEMBAYE..... | 49 |
| FIGURE V.1: ZONES VULNÉRABLES EN RÉGION WALLONNE | 50 |
| FIGURE V.2 : EVOLUTION DES TENEURS EN NITRATES DES EAUX DE LA NAPPE DES CRAIES DE HESBAYE..... | 51 |
| TABLEAU V.3: CAPTAGES DE BASSENGE: PRODUITS PHYTOSANITAIRES | 54 |
| TABLEAU VI.1: VOLUMES PRÉLEVÉS POUR LA DISTRIBUTION PUBLIQUE – AQUIFÈRE DES CRAIES DE HESBAYE | 55 |
| FIGURE VIII.1: ZONES DE PRÉVENTION SITUÉES SUR LA CARTE TONGEREN-HERDEREN..... | 66 |

ANNEXE 3: Carte de localisation

Carte de localisation



- ▲ Piézomètre
- ☒ Puits pour la distribution publique d'eau potable
- Autre puits
- Source (exploitée ou non)

- Réseau hydrographique
- Principaux lacs
- ▭ Berges des rivières à large lit
- Limite de bassin-versant

- Autoroute
- Route principale d'importance majeure
- Limite régionale
- ++++ Frontière



ANNEXE 4: Coordonnées géographiques des ouvrages cités dans la notice

| Nom | Code RW | X(m) | Y(m) | Z(m) | Type | Prof.(m) |
|----------------------|-------------|----------|----------|---------|--------------------|----------|
| Bas-Slins P1 | 34/6/7/0010 | 234200 | 160420 | 84,88 | Puits foré | |
| CETHA FD 7 | 34/6/9/014 | 240665 | 160287 | 82,558 | Puits foré | 49 |
| CETHA FD1 | | 240419,7 | 160438,9 | 84,122 | Puits foré | 46,5 |
| CETHA FD2 | | 240435,1 | 160579,6 | 90,142 | Puits foré | 51 |
| CETHA FD3 | | 240422,4 | 160568 | 90,51 | Puits foré | 48 |
| CETHA FD5 | | 240600,1 | 160549,8 | 74,384 | Puits foré | 38,5 |
| CETHA FD6 | | 240593,6 | 160790,4 | 77,27 | Puits foré | 42,5 |
| CETHA FD9 | 34/6/9/015 | 240412 | 160562 | 90,9 | Puits foré | 65 |
| CETHA P12 | | 240880,6 | 160759,4 | 108,941 | Puits foré | 49 |
| CETHA P6 | 34/6/9/016 | 241037 | 160405 | 69,469 | Puits foré | 27,5 |
| CETHA P7 | 34/6/9/017 | 241029 | 160532 | 68,753 | Puits foré | 27 |
| CETHA P8 | 34/6/9/018 | 240997 | 160657 | 68,419 | Puits foré | 35 |
| CETHA PUIITS SNCB | 34/6/9/019 | 240953 | 160719 | 76 | Puits foré | |
| Chemin du Chenaye P2 | 34/6/8/006 | 236785,1 | 160809 | 90 | Puits foré | 49 |
| Diets-Heur P2 | | 228771 | 160321 | | Puits foré | 68,5 |
| DOV_7-0047 | | 234400 | 163800 | 120,04 | Puits foré | 30 |
| DOV_7-0049 | | 232100 | 165700 | 117,64 | Puits foré | 36 |
| DOV_7-0203 | | 236258 | 167540 | | Puits foré | |
| Eben-Emael P1 | 34/6/6/001 | 240525 | 164225 | | Puits foré | |
| HSB 24 (F24) | 34/5/9/004 | 232400 | 158460 | 106,84 | Puits foré | 19 |
| HSB 27 (F27) | 34/6/8/003 | 237055 | 158917 | 156 | Puits foré | 69 |
| HSB 29 (F29) | | 227325 | 159025 | 115,58 | Puits foré | 17,34 |
| PAI011 | | 231550 | 158250 | 146,22 | Puits foré | 42,9 |
| P-Carbital | 34/6/9/005 | 241930 | 161190 | | Puits foré | |
| P-Poulailler | 34/6/9/012 | 241191 | 160851 | | Puits foré | 48 |
| P-Usine Lixhe | 34/6/6/004 | 241969 | 162258 | | Puits foré | 20,4 |
| Roclenge P1 | 34/6/8/001 | 237134 | 161290 | | Puits foré | |
| SLI012 | | 234100 | 158900 | 144,24 | Puits traditionnel | 50,41 |
| Wonck P1 | 34/6/5/001 | 238150 | 161815 | | Puits traditionnel | 8,5 |

ANNEXE 5: Hydrogeologische Codering van de Ondergrond van Vlaanderen (HCOV)

| Hoofdeenheid | | Sub-eenheid | | Basiseenheid | | | |
|--------------|----------------------------|-------------|-------------------------------|--------------|--------------------------------------------------|--|--|
| 0000 | Onbepaald | / | | / | | | |
| 0100 | Quartaire Aquifer-systemen | 0110 | Ophogingen | / | | | |
| | | 0120 | Duinen | / | | | |
| | | 0130 | Polderafzettingen | 0131 | Kleiige polderafzettingen van de Kustvlakte | | |
| | | | | 0132 | Kleiige polderafzettingen van het Meetjesland | | |
| | | | | 0133 | Kleiige polderafzettingen van Waasland-Antwerpen | | |
| | | | | 0134 | Zandige Kreekruggen | | |
| | | | | 0135 | Veen-kleiige poelgronden | | |
| | | 0140 | Alluviale deklagen | / | | | |
| | | 0150 | Deklagen | 0151 | Zandige deklagen | | |
| | | | | 0152 | Zand-lemige deklagen | | |
| | | | | 0153 | Lemige deklagen | | |
| 0154 | Kleiige deklagen | | | | | | |
| 0160 | Pleistocene afzettingen | 0161 | Pleistoceen van de Kustvlakte | | | | |

| | | | | | |
|------|-------------------------|------|---------------------------------------------------|------|------------------------------------------|
| | | | | 0162 | Pleistoceen van de Vlaamse Vallei |
| | | | | 0163 | Pleistoceen van de riviervalleien |
| | | 0170 | Maas- en Rijnafzettingen | 0171 | Afzettingen Hoofdterras |
| | | | | 0172 | Afzettingen Tussenterrassen |
| | | | | 0173 | Afzettingen Maasvlakte |
| 0200 | Kempens Aquifer-systeem | 0210 | Afzettingen ten noorden van de Feldbiss-breukzone | 0211 | Zandige eenheid boven de Brunssum I-klei |
| | | | | 0212 | Brunssum I-klei |
| | | | | 0213 | Zand van Pey |
| | | | | 0214 | Brunssum II-klei |
| | | | | 0215 | Zand van Waubach |
| | | 0220 | Klei-zand-complex van de Kempen | 0221 | Klei van Turnhout |
| | | | | 0222 | Zand van Beerse |
| | | | | 0223 | Zanden van Brasschaat en/of Merksplas |
| | | 0230 | Pleistoceen en Plioceen Aquifer | 0231 | Zanden van Brasschaat en/of Merksplas |
| | | | | 0232 | Zand van Mol |
| | | | | 0233 | Zandige top van Lillo |

| | | | | | |
|------|---------------------------|------|-------------------------|------|--------------------------------------------------------------|
| | | | | 0234 | Zand van Poederlee en/of zandige top van Kasterlee |
| | | 0240 | Pliocene kleiige laag | 0241 | Kleiig deel van Lillo en/of van de overgang Lillo-Kattendijk |
| | | | | 0242 | Kleiige overgang tussen de zanden van Kasterlee en Diest |
| | | 0250 | Mioceen Aquifersysteem | 0251 | Zand van Kattendijk en/of onderste zandlaag van Lillo |
| | | | | 0252 | Zand van Diest |
| | | | | 0253 | Zand van Bolderberg |
| | | | | 0254 | Zanden van Berchem en/of Voort |
| | | | | 0255 | Klei van Veldhoven |
| | | | | 0256 | Zand van Eigenbilzen |
| 0300 | Boom Aquitard | / | | 0301 | Kleiig deel van Eigenbilzen |
| | | | | 0302 | Klei van Putte |
| | | | | 0303 | Klei van Terhagen |
| | | | | 0304 | Klei van Belsele-Waas |
| 0400 | Oligoceen Aquifer-systeem | 0410 | Zand van Kerniel | | Zand van Kerniel |
| | | 0420 | Klei van Kleine-Spouwen | | Klei van Kleine-Spouwen |

| | | | | | |
|------|-----------------------------------------|------|--------------------------------|------|------------------------------|
| | | | | 0431 | Zand van Berg |
| | | | | 0432 | Zand van Kerkom |
| | | 0430 | Ruisbroek-Berg Aquifer | 0433 | Kleilig zand van Oude Biezen |
| | | | | 0434 | Zand van Boutersem |
| | | | | 0435 | Zand van Ruisbroek |
| | | | | 0436 | Zand van Wintham |
| | | 0440 | Tongeren Aquitard | 0441 | Klei van Henis |
| | | | | 0442 | Klei van Watervliet |
| | | 0450 | Onder-Oligoceen Aquifersysteem | 0451 | Zand van Neerrepen |
| | | | | 0452 | Zand-klei van Grimmertingen |
| | | | | 0453 | Kleilig zand van Bassevelde |
| 0500 | Bartoon Aquitard-systeem / | | | 0501 | Klei van Onderdijke |
| | | | | 0502 | Zand van Buisputten |
| | | | | 0503 | Klei van Zomergem |
| | | | | 0504 | Zand van Onderdale |
| | | | | 0505 | Kleien van Ursel en/of Asse |
| 0600 | Ledo Paniseliaan Brusselianaan Aquifer- | 0610 | Wemmel-Lede Aquifer | 0611 | Zand van Wemmel |
| | | | | 0612 | Zand van Lede |

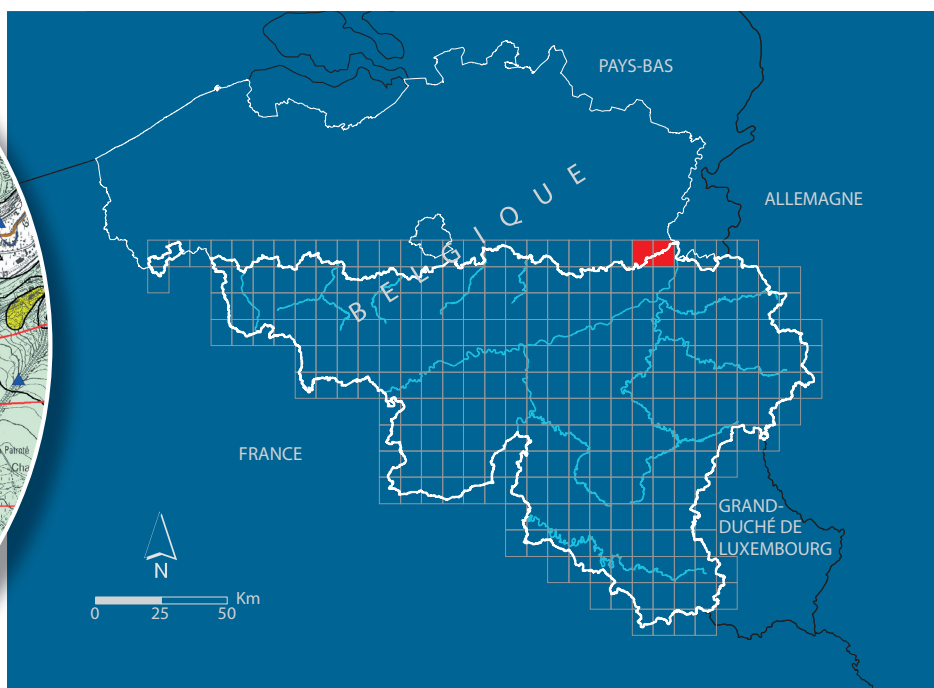
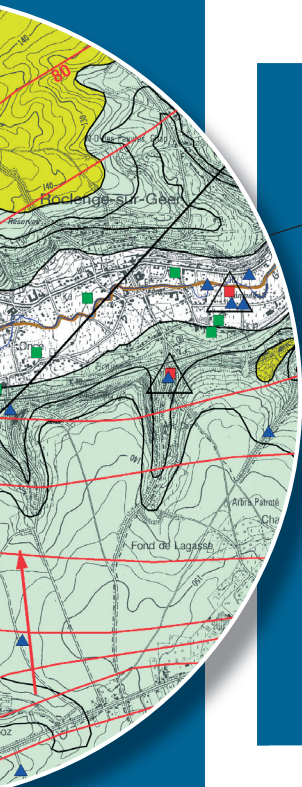
| | | | | |
|------|-----------------------------|------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| | systeem | 0620 | Zand van Brussel | Zand van Brussel |
| | | 0630 | Afzettingen van het Boven-Paniseliaan | 0631 Zanden van Aalter en/of Oedelem |
| | | | | 0632 Zandige klei van Beernem |
| | | 0640 | Zandige afzettingen van het Onder-Paniseliaan | Zand van Vlierzele en/of Aalterbrugge |
| 0700 | Paniseliaan Aquitardsysteem | / | | 0701 Klei van Pittem |
| | | | | 0702 Klei van Merelbeke |
| 0800 | leperiaan Aquifer | / | | Zand van Egem en/of Mont-Panisel |
| 0900 | leperiaan Aquitard-systeem | 0920 | Afzettingen van Kortrijk | 0910 Silt van Kortemark |
| | | | | 0921 Klei van Aalbeke |
| | | | | 0922 Klei van Moen |
| | | | | 0923 Zand van Mons-en-Pévèle |
| | | | | 0924 Klei van Saint-Maur |
| | | | | 0925 Klei van Mont-Héribu |
| 1000 | Paleoceen Aquifer-systeem | 1010 | Landeniaan Aquifer-systeem | 1011 Zand van Knokke |
| | | | | 1012 Zandige afzettingen van Loksbergen en/of Dormaal |
| | | | | 1013 Zand van Grandglise |
| | | | | 1014 Kleilig deel van Lincet |

| | | | | | |
|------|----------------------|------|----------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|
| | | | | 1015 | Versteend deel van Lincen |
| | | 1020 | Landenaan en Heersiaan Aquitard | 1021 | Siltige afzettingen van Halen |
| | | | | 1022 | Klei van Waterschei |
| | | | | 1023 | Slecht doorlatend deel van de Mergels van Gelinden |
| | | 1030 | Heersiaan en Opglabbeek Aquifersysteem | 1031 | Doorlatend deel van de Mergels van Gelinden |
| | | | | 1032 | Zand van Orp |
| | | | | 1033 | Zand van Eiden |
| | | | | 1034 | Klei van Opoeteren |
| | | | | 1035 | Zand van Maasmechelen |
| 1100 | Krijt Aquifersysteem | 1110 | Krijt Aquifer | 1111 | Kalksteen van Houthem |
| | | | | 1112 | Tufkrijt van Maastricht |
| | | | | 1113 | Krijt van Gulpen |
| | | 1120 | Afzettingen van Vaals | Smectiet van Herve | |
| | | 1130 | Zand van Aken | Zand van Aken | |
| | | 1140 | Turoonmergels op Massief van Brabant | / | |
| | | 1150 | Wealdiaan | / | |
| 1200 | Jura - Trias - Perm | 1210 | Jura | / | |

| | | | | |
|------|--------|------|---------------------------------------------------|---|
| | | 1220 | Trias | / |
| | | 1230 | Perm | / |
| 1300 | Sokkel | 1310 | Boven-Carboon (steenkoolterrein en - lagen) | / |
| | | 1320 | Kolenkalk | / |
| | | 1330 | Devoon | / |
| | | 1340 | Cambro-Siluur Massief van Brabant | / |

Source: Databank Ondergrond Vlaanderen, DOV → Grondwater → HCOV kartering

<http://dov.vlaanderen.be/dovweb/html/3hcov.html>



Dépôt légal : D/2009/12.796/4 – ISBN : 978-2-8056-0066-1

Editeur responsable : Claude DELBEUCK, D GARNE,
15, Avenue Prince de Liège – 5100 Jambes (Namur) Belgique